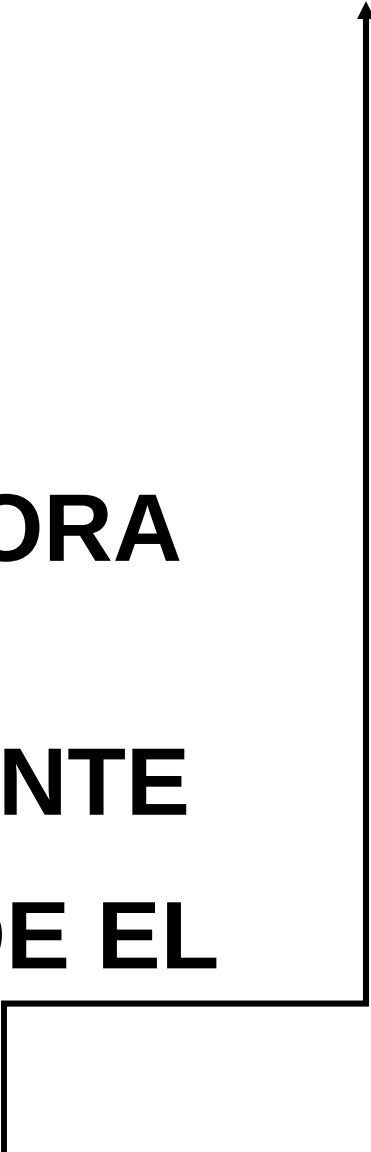


**HOJA SEPARADORA
DEJADA
INTENCIONALMENTE
LE CORRESPONDE EL
FOLIO**



Proyecto Mina de Cobre Panamá

ANEXO XXVIII

Análisis de la Calidad del Agua

Enviado a:

Minera Panamá S.A.

Setiembre 2010

07-1334-0018

TABLA DE CONTENIDO

<u>SECCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
1 INTRODUCCIÓN	1
2 ENFOQUE PARA EL MODELAMIENTO	2
2.1 RESUMEN DEL PLAN DE MINADO Y MANEJO DE MATERIALES.....	2
2.2 ÁREAS DE ESTUDIO Y LUGARES DE EVALUACIÓN	5
2.3 PERIODOS DE EVALUACIÓN	5
2.4 CRITERIOS Y LINEAMIENTOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA	8
3 DESARROLLO DE MODELOS	15
3.1 BALANCE DE AGUA PARA LA MINA	15
3.1.1 Fase 1 de las Operaciones (Año 1 a 22).....	20
3.1.2 Fase 2 de las Operaciones (Año 22 a 30).....	20
3.1.3 Cierre/Post-cierre (Año > 30)	21
3.2 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MINA	22
3.3 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS RECEPTORES EN EL SITIO DE LA MINA	23
3.4 DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MINA Y CUERPOS RECEPTORES.....	24
3.4.1 Caudales en el Ambiente Receptor y de los Efluentes	24
3.4.2 Calidad del Agua en el Ambiente Receptor	24
3.4.3 Precipitación	26
3.4.4 Calidad del Agua de Proceso.....	26
3.4.5 Depósito de Mineral de Baja Ley	29
3.4.6 Explosivos	31
3.4.7 Calidad del Agua del Circuito de Filtrado en Punta Rincón.....	31
3.4.8 Calidad del Agua del Efluente de las Aguas Servidas Tratadas	32
3.4.9 Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril y Saprolita	32
3.4.10 Estanques de Recolección de los Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril.....	36
3.4.11 Tajos Abiertos	37
3.4.12 Estanque de Agua de Proceso	39
3.4.13 Instalaciones para el Manejo de Relaves.....	39
3.4.14 Estanque de Recolección de la IMR	41
3.4.15 Filtración en la Base de la Instalación de Manejo de Relaves	41
3.5 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS RECEPTORES EN EL SITIO DEL PUERTO.....	42
4 RESULTADOS.....	45
4.1 CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DE LA MINA	45
4.1.1 Fase de Construcción	45
4.1.2 Fases de Operaciones y Cierre/Post-cierre	45

4.1.2.1	Resultados de la Calidad del Efluente del Agua Superficial	45
4.2	RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS FILTRACIONES DE LA INSTALACIÓN DE MANEJO DE RELAVES	49
4.3	RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL	50
4.3.1	Construcción	51
4.3.2	Operaciones y Cierre/Post-cierre	52
4.3.2.1	Cuenca del Río Botija	52
4.3.2.2	Cuenca del Río Petaquilla	56
4.3.2.3	Cuenca del Río Caimito	59
4.4	RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA Y EFLUENTE SUPERFICIAL MARINO	64
5	SUPUESTOS Y LIMITACIONES DEL MODELO	65
6	CONCLUSIONES	67
6.1	CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DE LA MINA	67
6.2	CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DEL PUERTO	68
6.3	CALIDAD DEL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE RECEPTOR – MINA	68
6.4	CALIDAD DE AGUA EN EL AMBIENTE RECEPTOR – PUERTO	71
7	BIBLIOGRAFÍA	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1	Resumen del Plan de Manejo de Relaves (Modificado a Partir de AMEC 2009)	4
Tabla 2-2	Lugares Para la Evaluación de la Calidad del Agua Superficial	6
Tabla 2-3	Resumen de los Periodos de Tiempo Utilizados Para Evaluar los Impactos en la Calidad del Agua	7
Tabla 2-4	Criterios Seleccionados para la Calidad del Efluente	10
Tabla 2-5	Criterios Seleccionados Para el Agua Fresca Superficial.....	12
Tabla 2-6	Criterios Seleccionados Para el Agua marina superficial	14
Tabla 3-1	Caudales Promedio Previstos Aguas Abajo Durante la Construcción	15
Tabla 3-2	Fuentes del Efluente de la Mina	16
Tabla 3-3	Atributos de los Tajos Abiertos	21
Tabla 3-4	Calidad Promedio del Agua Superficial de Línea Base y del Agua Marina Superficial Para los Lugares de Evaluación	25
Tabla 3-5	Resumen de la Calidad del Agua de Proceso y los Relaves.....	27
Tabla 3-6	Resumen de la Calidad del Agua del Mineral de Baja ley, del Agua del Circuito de Filtrado y de las Agua Servidas.....	29
Tabla 3-7	Resumen de los Supuestos Para el uso de Explosivos.....	31
Tabla 3-8	Resumen de la Calidad del Agua de la Roca Estéril	34
Tabla 3-9	Proporciones Estimadas de Roca Estéril en los Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril	36
Tabla 3-10	Resumen de la Calidad del Agua de Aporte de los Estanques de Recolección	36
Tabla 3-11	Resumen de la Calidad del Agua Subterránea de Línea Base	38
Tabla 3-12	Tasas Máximas de Filtración de las Instalaciones Para el Manejo de Relaves en la Huella del Proyecto	42
Tabla 3-13	Concentraciones de Metales en Fase Sólida de Carbón Utilizado en la Planta de Generación de Energía.....	43
Tabla 4-1	Calidad del Agua del Efluente Simulado para el Río Botija	46
Tabla 4-2	Calidad del Agua del Efluente Simulado Para el Río Petaquilla	47
Tabla 4-3	Calidad del Agua del Efluente Simulado Para el Río Caimito	48
Tabla 4-4	Calidad del Agua de las Filtraciones Simuladas de la IMR	49
Tabla 4-5	Concentraciones Simuladas de STS Durante la Construcción.....	51
Tabla 4-6	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W5 para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	53
Tabla 4-7	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W7 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	54
Tabla 4-8	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W16 para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	55
Tabla 4-9	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W2 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	57

Tabla 4-10	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W10 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	58
Tabla 4-11	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W3 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	60
Tabla 4-12	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo HW7 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	61
Tabla 4-13	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W13 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	62
Tabla 4-14	Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W20 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre	63
Tabla 4-15	Concentraciones Promedio de Agua Marina Simulada del Difusor de Agua de Enfriamiento Durante las Operaciones	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1	Diagrama de Flujo del Proceso Para la Fase 1 de las Operaciones (en base a AMEC 2009).....	17
Figura 3-2	Diagrama de Flujo del Proceso Para la Fase 2 de las Operaciones (en base a AMEC 2009).....	18
Figura 3-3	Diagrama de Flujo del Proceso Para el Cierre/Post-cierre (en base a AMEC 2009)	19

1 INTRODUCCIÓN

Este anexo presenta el enfoque, los supuestos, los métodos, la información y los resultados relacionados con los pronósticos sobre la calidad del agua para el Proyecto Mina de Cobre Panamá (el Proyecto). Los pasos que se tomaron para evaluar los impactos del Proyecto en la calidad del agua fueron los siguientes:

1. Definir el enfoque del modelo.
2. Identificar los límites espaciales de la evaluación.
3. Seleccionar los lugares para evaluación de los cambios en la calidad de los cursos de agua.
4. Seleccionar los períodos de tiempo para la evaluación.
5. Identificar las medidas de mitigación y las características de diseño para reducir los impactos en la calidad del agua.
6. Desarrollar modelos para cuantificar los cambios en la calidad del agua.
7. Comparar los cambios previstos entre la línea base y los criterios de calidad del agua con el fin de cuantificar los impactos del Proyecto.

En la Sección 2 se presentan los componentes del 1 al 5, en la Sección 3 se presenta el componente 5 y en la Sección 4 se incluye el componente 6.

2 ENFOQUE PARA EL MODELAMIENTO

El modelo de calidad del agua de Mina de Cobre fue diseñado para evaluar los impactos del agua superficial en el receptor hídrico ubicado aguas abajo del Proyecto. Para evaluar lo descrito anteriormente, el modelo estuvo conformado por dos componentes principales:

- Modelo de la calidad del agua en el sitio de la mina: fue diseñado para simular la calidad del agua del efluente para un balance de agua de caso base (AMEC 2009) durante las fases de operaciones y el cierre/post-cierre.
- Modelo de la calidad del agua receptora: Los caudales del efluente de la mina fueron liberados aguas abajo y se mezclaron con aguas naturales en el ambiente receptor en diversos lugares de evaluación durante las fases de operación y el cierre/post-cierre.

Con la ayuda del programa GoldSim v9.6 (SP4), se modelaron ambos componentes. GoldSim es un modelo gráfico matemático orientado a objetos en donde todos los parámetros de información y funciones son definidos por el usuario y construidos en forma de objetos individuales o elementos vinculados entre sí por expresiones matemáticas. Por tratarse de un modelo orientado a objetos, el modelo permite diseñar estos objetos para facilitar la comprensión de los diversos factores que controlan un sistema artificial o natural y predice el futuro desempeño del sistema.

Finalmente, se realizaron cálculos para determinar las concentraciones de sólidos totales en suspensión en el agua receptora durante la fase de construcción en la mina y para determinar las concentraciones de metales en áreas cercanas y lejos del campo alrededor del difusor de agua de enfriamiento en el puerto, durante las operaciones.

2.1 RESUMEN DEL PLAN DE MINADO Y MANEJO DE MATERIALES

La huella del Proyecto se ubica dentro de tres cuencas principales: San Juan, Petaquilla y Caimito (Mapa 29 del Anexo I). La Sección 5 del EsIA, Figura 5.1.1-1 presenta el arreglo general propuesto para las instalaciones del Proyecto Mina de Cobre, incluyendo los límites de los tajos abiertos, los depósitos de almacenamiento de roca estéril (DARE) y la instalación para manejo de relaves (IMR). A continuación se resumen las principales instalaciones físicas, que son importantes para esta evaluación:

- tres tajos abiertos (en los yacimientos Botija, Colina y Valle Grande), que serán desarrollados de manera progresiva durante la vida de la mina;

- instalaciones de chancado, transporte y apilado del mineral;
- la concentradora, que incluye una planta de molienda y una planta de flotación para la separación del concentrado de cobre de la roca encajonante, originando la producción de relaves;
- IMR, que recibirá al material procesado en pulpa desde la concentradora después de la extracción de los valores de metal;
- DARE y un depósito de almacenamiento de saprolita para depositar los desechos mineros durante la operación de minado (para material no económico segregado en la mina a partir del mineral);
- área de almacenamiento de mineral de baja ley;
- estanque de agua fresca para suministro de agua de enfriamiento, agua potable y agua de reposición para el proceso;
- instalaciones auxiliares en los alrededores de la mina y la concentradora, incluyendo taller de mantenimiento de camiones y equipos móviles, oficinas, preparación y almacenamiento de explosivos y campamento para el personal durante la construcción y la operación; y
- instalaciones y sistemas para el monitoreo ambiental y el manejo de efluentes de conformidad con los compromisos del Proyecto.

Se necesitará las siguientes siete depósitos para manejar los materiales de desecho asociados con el minado de los tres tajos abiertos:

- DARE suroeste;
- DARE Colina norte;
- DARE Botija sur;
- DARE Botija oeste;
- Pila de baja ley Botija oeste;
- Depósito de saprolita Botija; y
- IMR.

Los estudios de caracterización geoquímica (Sección 6.1.3 de la EsIA) indican que se extraerá roca estéril potencialmente generadora de ácido (PGA) de los tres tajos abiertos. Estos materiales serán transportados y almacenados de forma permanente en uno o más de los DARE mencionados anteriormente. Los cálculos de agotamiento en las muestras de roca estéril sugieren que estos materiales contienen suficiente capacidad de amortiguación para mantener un drenaje neutro durante las operaciones y el drenaje de ácido de roca (DAR) sólo ocurriría varios años después que la mina haya cerrado (Sección 6.1.3 del EsIA). Los DARE se irán restaurando progresivamente

durante las operaciones, para finalmente tener una cobertura que limite el oxígeno y disperse el agua para minimizar el DAR. Como tal, también se espera que los problemas de drenaje relacionados con el DAR de roca estéril durante el cierre/post-cierre sean insignificantes en la Mina de Cobre.

El mineral de baja ley será apilado en la superficie en la pila Botija oeste durante las operaciones de la Mina de Cobre. Se espera que estos materiales generen ácido y tengan el potencial para movilizar componentes metálicos en concentraciones elevadas. El drenaje proveniente de la pila de baja ley oeste de Botija será tratado antes de ingresar a la IMR. El tratamiento del drenaje del mineral de baja ley aguas arriba de la IMR tiene las siguientes dos ventajas:

El plan de minado actual indica que todo el mineral de baja ley será procesado antes de terminar la extracción y no será almacenado en superficie durante el cierre/post-cierre. Como tal, el tratamiento de este drenaje sólo se considera necesario durante las operaciones.

El procesamiento del mineral originará dos corrientes de relaves: relaves del circuito *rougher bulk* y relaves del circuito de limpieza. Los ensayos geoquímicos con las muestras de relaves (Sección 6.1.3 de la EsIA) indican que los relaves del circuito de limpieza son potencialmente generadores de ácido, mientras que los relaves del circuito *rougher bulk* se consideran no potencialmente generadores de ácido. Inicialmente, los relaves de los circuitos *rougher* y de limpieza serán almacenados en la IMR con los relaves del circuito de limpieza que se mantengan permanentemente bajo la cubierta del agua de relaves con el fin de minimizar la oxidación y la generación de ácido. Los relaves del circuito *rougher* serán utilizados en la construcción de la presa de relaves y depositados en la IMR. La deposición de relaves será redirigida en forma progresiva hacia los tajos abiertos, una vez que se haya terminado la extracción de mineral en los mismos y comience su inundación.. La Tabla 2-1 presenta un resumen del plan de manejo de relaves para el Proyecto.

Tabla 2-1 Resumen del Plan de Manejo de Relaves (Modificado a Partir de AMEC 2009)

Año de Minado	Sedimentación de Relaves
1 a 20	todos los relaves de los circuitos <i>rougher</i> y de limpieza se descargarán en las IMR
20 a 22	los relaves del circuito <i>rougher</i> continuarán siendo depositados en la represa de relaves, los relaves del circuito de limpieza se descargarán en el Tajo Botija
22 a 28	los relaves de los circuitos <i>rougher</i> y de limpieza se depositarán en el Tajo Botija
28 a 30	los relaves de los circuitos <i>rougher</i> y de limpieza se depositarán en el Tajo Colina

2.2 ÁREAS DE ESTUDIO Y LUGARES DE EVALUACIÓN

Se utilizarán las siguientes áreas de estudio:

- el área de desarrollo de Proyecto para las instalaciones de la mina (ADP-M);
- el área de desarrollo de Proyecto para las instalaciones del puerto (ADP-P); y
- el área de evaluación de impactos (AEI) que abarca a todas las zonas de potenciales impactos.

Las ubicaciones del ADP-M, ADP-P y AEI se ilustran en el Mapa 29 del Anexo I. El ADP-M es el área ocupada por el Proyecto que abarca las instalaciones de la mina, conformadas por el campamento de la mina, la IMR, el estanque de limpieza, el reservorio de agua fresca, los DARE, las áreas de almacenamiento de mineral de baja ley y saprolita, la planta y los tajos abiertos. El ADP-P está compuesto por la huella del Proyecto en el área de Punta Rincón, lo cual incluye tanto las instalaciones de puerto, la planta de filtrado y las instalaciones de la planta de generación de energía eléctrica.

Se han diferenciado también, el AEI distintas para el agua superficial y para el agua de mar. El AEI para el agua superficial está compuesto de lugares muestreados como parte del programa de línea base e incluye porciones de las cuencas de los Ríos Petaquilla, Caimito y San Juan y los tributarios correspondientes (ver Mapa 29 del Anexo I). Los lugares de evaluación se seleccionaron de acuerdo a los receptores (por ejemplo, las comunidades) y se presentan en la Tabla 2-2 y en el Mapa 29 del Anexo I. Los lugares de evaluación concuerdan con los lugares para el monitoreo de la calidad del agua de línea base. El AEI para el agua marina superficial se incorpora el área alrededor de Punta Rincón, en el área donde se ubican los difusores del agua de enfriamiento de la planta de generación de energía eléctrica.

2.3 PERIODOS DE EVALUACIÓN

En la Tabla 2-3, se presentan los periodos de tiempo y las características generales de los puntos seleccionados para la evaluación de la calidad del agua. Este enfoque general se basa en los resultados del balance de agua de la mina (AMEC 2009), el cual establece las tasas de descarga estimadas de la mina hacia las principales cuencas hidrográficas durante toda la vida del Proyecto (es decir, cuencas de los ríos Petaquilla, Botija y Uvero). Cada cuenca hidrográfica representa un periodo de tiempo con una tasa de descarga anual promedio relativamente constante.

Tabla 2-2 Lugares Para la Evaluación de la Calidad del Agua Superficial

Cuenca Hidrográfica	Río	Lugar de Evaluación	Descripción
Petaquilla	Petaquilla	W2	ubicado en el Río Petaquilla aguas abajo del DARE suroeste y los tajos abiertos de Petaquilla y Valle Grande
		W10	ubicado aproximadamente 5 km aguas arriba de la confluencia con el Mar Caribe en el Río Petaquilla
Botija	Botija	W5	ubicado aguas abajo del DARE Botija sur y el tajo abierto de Botija en el Río Botija aguas arriba de la comunidad de San Benito
	San Juan	W7	ubicado en el Río San Juan aproximadamente 1 km aguas arriba de la convergencia con el Río Coclé del Norte
	Coclé del Norte	W16	ubicado en el Río Coclé del Norte aproximadamente 3 km sobre la confluencia con el Mar Caribe
Caimito	Uvero	W3	ubicado en el Río Uvero aguas abajo del área de la IMR propuesta
	Caimito	W13	ubicado aguas abajo de los Ríos Rinconcito, Uvero y Caimito y a unos 6 km aguas arriba del Mar Caribe y de la desembocadura del río
		HW7	ubicado en el Río Caimito ligeramente aguas arriba de la confluencia con el Río Hoja
		W20	ubicado en el estuario del Río Caimito, aproximadamente 6 km aguas arriba de la desembocadura del río

Tabla 2-3 Resumen de los Periodos de Tiempo Utilizados Para Evaluar los Impactos en la Calidad del Agua

Cuenca	Duración ^(a) [años]	Descripción
Botija	<0	escorrentía del área de construcción descargada al medio ambiente, tratada de ser necesario
	0 a 13	no se descarga agua al medio ambiente desde el tajo abierto y el DARE
	14 a 23	escorrentía descargada al medio ambiente desde el DARE Botija sur cuando esté cerrado
	24 a 28	rebose de la laguna del Tajo Botija más la escorrentía del DARE Botija sur son descargados al medio ambiente
	>29	caudal final de la laguna del Tajo Botija más escorrentía del DARE Botija sur descargados al medio ambiente
Petaquilla	0 a 4	escorrentía del área de construcción desbrozada descargada al medio ambiente
	5 a 25	no se descarga agua al medio ambiente desde el tajo y el DARE
	26 a 31	escorrentía de los DARE suroeste y Colina norte descargada al medio ambiente
	32 a 38	caudales de la laguna del Tajo Colina más escorrentía de los DARE suroeste y Colina norte descargados al medio ambiente
	>39	caudal final de la laguna de los Tajos Colina y Valle Grande más escorrentía de los DARE suroeste y Colina norte cerrados descargados al medio ambiente
Caimito	<0	escorrentía del área de construcción desbrozada descargada al medio ambiente
	0 a 22	relaves descargados a la IMR
	23 a 24	agua y relaves de la IMR desviados para llenar el Tajo Botija
	25 a 28	Tajos Colina y Valle Grande activos
	29 a 30	agua y relaves desviados para llenar el Tajo Colina
	>30	fin del minado

^(a) La puesta en marcha por etapas, operación y desactivación de todos los tajos y DARE originan distintas duraciones de construcción, operación y cierre/post-cierre para estas instalaciones individuales.

El modelo de balance de agua elaborado por AMEC (2009) fue actualizado el 2010, en función del nuevo plan de minando (AMEC 2010). Las conclusiones sobre la valoración de los cambios en la cantidad y calidad del agua a causa de las actividades del Proyecto fueron consistentes en ambos casos.

Para los impactos ocasionados con la mina, los periodos de tiempo considerados en la evaluación se refieren al contexto general del Proyecto. Sin embargo, se debe indicar que durante la fase de operaciones se habrán cerrado y rehabilitado ciertos tajos y DARE. Asimismo, no se depositarán relaves en la IMR después del año 22 de la fase de operaciones y la rehabilitación comenzará en esta instalación en este punto, mucho antes de la fase de cierre/post-cierre real del Proyecto general. Por lo tanto, cuando se describen los periodos de tiempo para los componentes del Proyecto se describen en el contexto de su ciclo de vida, comenzando con el inicio de la construcción.

2.4 CRITERIOS Y LINEAMIENTOS SOBRE CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar los impactos del Proyecto, se comparó la calidad del agua del efluente simulado con los criterios más estrictos establecidos en los siguientes documentos:

- Resolución No. 351 del 26 de julio del 2000 - Aprueba el Reglamento Técnico DGNIT-COPANIT 35-2000: Descarga de Efluentes Líquidos directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas.
- Corporación Financiera Internacional (CFI) (2007a), Directrices sobre Salud, Seguridad y Medio Ambiente – Directrices Generales SSM (límites del efluente para alcantarillados sanitarios).
- Directrices sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad – Minería, CFI (2007b). 10 de abril de 2007.

Los valores más estrictos identificados en los criterios mencionados arriba se denominan “Criterios Seleccionados para el Efluente” y se presentan en la Tabla 2-4.

Los resultados de la calidad del agua superficial fresca simulada aguas abajo fueron comparados con las siguientes directrices (Tabla 2-5):

- Anteproyecto de Ley “Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales”. Estándares de Calidad de Agua;
 - Clase 1-C: agua para consumo humano con tratamiento simple, conservación y preservación de la vida acuática, riego de cultivos, recreación de bajo riesgo, acuacultura.
 - Clase 2-C: agua para consumo humano con tratamiento convencional, conservación de la vida acuática, riego de cultivos para consumo humano después del procesamiento o riego de jardines expuestos al contacto humano, pescaderías artesanales, recreación de riesgo medio, consumo del ganado.
 - Clase 3-C: agua para consumo humano con tratamiento avanzado, riego de cultivos que no son para consumo humano, navegación y estética.

- Ministerio de Comercio e Industria. Despacho Superior, Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (1999). Resolución No. 597. Reglamento 23-395. Agua Potable. Definiciones y Requisitos Generales. 12 de noviembre de 1999.
- Directrices sobre Calidad Ambiental de Canadá del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME 2006), “Resumen de Tabla E”; valores para agricultura y vida acuática.

En este documento el valor más estricto de las anteriores regulaciones y directrices se denomina “Criterios Seleccionados para la Calidad del Agua Superficial” y se incluye en la Tabla 2-5.

Los resultados de la calidad del agua marina superficial simulada aguas abajo fueron comparados con lo siguiente (Tabla 2-6):

- Anteproyecto de Ley “Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales”. Estándares de Calidad de Agua;
 - Clase 1-M: agua marina para preservación y conservación de la vida acuática, recreación con contacto directo, actividades de pesca y desarrollo de acuicultura.
 - Clase 2-M: agua marina para la conservación de la vida acuática, recreación de riesgo medio y pesca recreativa.
 - Clase 3-M: agua marina para navegación y estética.
- Anteproyecto de Ley “Por el cual se dicta la Norma Primaria de Calidad Ambiental de las Aguas Marinas y Costeras”. Julio de 2006.
- Directrices sobre Calidad Ambiental de Canadá del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (2006), “Resumen de Tabla E”.

En este documento, el valor más estricto de las regulaciones y directrices anteriores se denomina “Criterios Seleccionados para la Calidad del Agua Marina Superficial” y se incluye en la Tabla 2-6.

Tabla 2-4 Criterios Seleccionados para la Calidad del Efluente

Parámetro	Unidad	Criterio Seleccionado para el Efluente	Regulación Panameña	CFI	
			Regulación 351 ^(a) (Efluente directo MVP)	Efluentes Mineros ^(b)	Descargas Tratadas de Alcantarillados Sanitarios [©]
Generales					
pH	n/a	5.5	5.5 - 9	6 - 9	6 - 9
sólidos totales disueltos	mg/L	500	500	—	—
total de sólidos en suspensión	mg/L	35	35	50	50
temperatura	°C	-	± 3	—	—
turbidez	NTU	30	30	—	—
Iones mayoritarios					
sulfato	mg/L	1,000	1,000	—	—
cloruro	mg/L	400	400	—	—
fluoruro	mg/L	1.5	1.5	—	—
cianuro total	mg/L	0.2	0.2	1	—
Metales					
aluminio	mg/L	5	5	—	—
antimonio	mg/L	—	—	—	—
arsénico	mg/L	0.1	0.5	0.1	—
bario	mg/L	—	—	—	—
berilio	mg/L	—	—	—	—
boro	mg/L	0.75	0.75	—	—
cadmio	mg/L	0.01	0.01	0.05	—
cromo	mg/L	5	5	—	—
cobalto	mg/L	—	—	—	—
cobre	mg/L	0.3	1	0.3	—
hierro (Disuelto)	mg/L	—	—	—	—
hierro (Total)	mg/L	2	5	2	—
plomo	mg/L	0.05	0.05	0.2	—
manganeso	mg/L	0.3	0.3	—	—
mercurio	mg/L	0.0002	0.001	0.0002	—

Tabla 2-4 Criterios Seleccionados Para el Efluente (continuación)

Parámetro	Unidad	Criterio Seleccionado para el Efluente	Regulación Panameña	CFI	
			Regulación 351 ^(a) (Efluente directo MVP)	Efluentes Mineros ^(b)	Descargas Tratadas de Alcantarillados Sanitarios ^(c)
molibdeno	mg/L	2.5	2.5	—	—
níquel	mg/L	0.2	0.2	0.5	—
selenio	mg/L	0.01	0.01	—	—
plata	mg/L	—	—	—	—
estaño	mg/L	—	—	—	—
uranio	mg/L	—	—	—	—
vanadio	mg/L	—	—	—	—
zinc	mg/L	0.5	3	0.5	—
Nutrientes					
nitrato-N	mg/L	6	6	—	—
nitrito-N	mg/L	—	—	—	—
amonio (como NH ₃)	mg/L	3	3	—	—
fósforo	mg/L	2	5	—	2

^(a) Resolución No. 351 del 26 de julio del 2000- Aprueba el Reglamento Técnico DGNIT-COPANIT 35-2000: Descarga de Efluentes Líquidos directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas.

^(b) CFI (2007b) Directrices sobre Salud, Seguridad y Medio Ambiente - Minería. 10 de abril de 2007.

^(c) Directrices Generales SSM: calidad del medio ambiente, aguas residuales y aguas naturales, CFI, abril 2007.

Notas: MVP = Máximo Valor Permisible; mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario; — = no existe criterio.

Tabla 2-5 Criterios Seleccionados Para el Agua Fresca Superficial

Parámetro	Unidad	Criterio Seleccionado para el Agua Superficial ^(a)	Regulaciones Panameñas ^(b)			Directrices del CCME ^(c)		
			Clase 1-C	Clase 2-C	Clase 3-C	Irrigación	Ganado	Actividades Acuáticas
Generales								
sulfato	mg/L	250	250	250	500	—	1,000	—
amonio	mg/L	1	1	1	2	—	—	—
nitrato	mg/L	10	10	10	10	—	—	13
total de sólidos en suspensión	mg/L	+ 5 ^(d)	—	—	—	—	—	+ 5 ^(d)
cloruro	mg/L	100	250	250	—	100 - 700	—	—
cianuro total	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.02	—	—	0.005
Metales Totales								
aluminio	mg/L	0.005	0.1	0.1	0.2	5	5	0.005 – 0.1
arsénico	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.01	0.1	0.025	0.005
boro	mg/L	0.5	0.5	0.5	0.75	0.5 a 6	5	—
cadmio	mg/L	0.000017	0.001	0.001	0.005	0.0051	0.08	0.000017
cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	—	—	—
cobalto	mg/L	0.05	—	—	—	0.05	1	—
cobre	mg/L	0.002	0.01	0.01	0.02	0.2 - 1	0.5 - 5	0.002 – 0.004
hierro	mg/L	0.3	0.3	—	—	5	—	0.3
plomo	mg/L	0.001	0.005	0.005	0.03	0.2	0.1	0.001 – 0.007
manganes o	mg/L	0.2	—	—	—	0.2	—	—
mercurio	mg/L	0.0001	0.0002	0.0002	0.001	—	0.003	0.0001
molibdeno	mg/L	0.01	—	—	—	0.01 – 0.05	0.5	0.073
níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.025	0.2	1	0.025 – 0.150
selenio	mg/L	0.001	0.005	0.01	0.01	0.02 – 0.05	0.05	0.001

Tabla 2-5 Criterios seleccionados para el agua fresca superficial (continuación)

Parámetro	Unidad	Criterio Seleccionado para el Agua Superficial ^(a)	Regulaciones Panameñas ^(b)			Directrices del CCME ^(c)		
			Clase 1-C	Clase 2-C	Clase 3-C	Irrigación	Ganado	Actividades Acuáticas
vanadio	mg/L	0.1	—	—	—	0.1	0.1	—
zinc	mg/L	0.003	0.18	0.18	0.3	1 - 5	50	0.03

(a) Seleccionado a partir del menor de los valores presentados.

(b) Anteproyecto de Ley “mediante el cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales”. Estándares de Calidad de Agua:
Clase 1-C: agua para consumo humano con tratamiento simple, conservación y preservación de la vida acuática, riego de cultivos, recreación de bajo riesgo, acuicultura;
Clase 2-C: agua para consumo humano con tratamiento convencional, conservación de la vida acuática, riego de cultivos para consumo humano después del procesamiento o riego de jardines expuestos al contacto humano, pescaderías artesanales, recreación de riesgo medio, consumo del ganado;
Clase 3-C: agua para consumo humano con tratamiento avanzado, riego de cultivos que no son para consumo humano, navegación y estética;

(c) Directrices sobre Calidad Ambiental de Canadá del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME 2006), “Resumen de Tabla E”; valores para agricultura y vida acuática.

(d) Criterios (CCME 2002) basados en los cambios en las concentraciones de STS de línea base observadas. Para los fines de la presente evaluación, se ha utilizado un aumento de 5 mg/L para la línea base. Para conocer detalles adicionales, refiérase al texto de la Sección 9.1.7.3.

Notas: mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario; — = no existe criterio.

Tabla 2-6 Criterios Seleccionados Para el Agua marina superficial

Parámetro	Unidad	Criterio Seleccionado para el Agua Marina Superficial ^(a)	Regulaciones Panameñas ^(b)			Aguas Marinas y Costeras [®]	Normas CCME ^(d)
			Clase 1-C	Clase 2-C	Clase 3-C		Actividades Acuáticas
Generales							
amonio	mg/L	0.4	0.4	0.7	1	0.5	—
nitrato	mg/L	0.07	0.07	0.2	—	—	—
total de sólidos en suspensión	mg/L	50	—	—	—	50	—
cianuro total	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.02	—
Metales Totales							
aluminio	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	—	—
arsénico	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.07	0.05	0.0125
cadmio	mg/L	0.00012	0.005	0.005	0.04	0.005	0.00012
cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.3	0.05	—
cobre	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.01	—	—
hierro (disuelto) ^(e)	mg/L	0.05	0.3	0.3	0.05	0.5	—
plomo	mg/L	0.001	0.005	0.005	0.001	0.01	—
mercurio	mg/L	0.0002	0.0002	0.0002	0.05	0.001	—
níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	0.075	—	—
selenio	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.2	—	—
vanadio	mg/L	—	—	—	—	—	—
zinc	mg/L	0.09	0.09	0.12	1	—	—

^(a) Seleccionado a partir del menor de los valores presentados.

^(b) Anteproyecto de Ley “Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales”. Estándares de Calidad de Agua.

Clase 1-M: agua marina para preservación y conservación de la vida acuática, recreación con contacto directo, actividades de pesca y desarrollo de acuicultura;

Clase 2-M: agua marina para la conservación de la vida acuática, recreación de riesgo medio y pesca recreativa;

Clase 3-M: agua marina para navegación y estética

^(c) Anteproyecto de Ley “Por el cual se dicta la Norma Primaria de Calidad Ambiental de las Aguas Marinas y Costeras”. Julio de 2006.

^(d) Directrices sobre Calidad Ambiental de Canadá del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME, 2006), “Resumen de Tabla E”.

^(e) Aplicable a concentraciones disueltas.

Notas: mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario; — = no existe criterio.

3 DESARROLLO DE MODELOS

Los impactos de la calidad del agua superficial causados por el Proyecto fueron determinados inicialmente simulando la calidad del agua de los efluentes de acuerdo al plan de minado actual y luego mezclando las concentraciones resultantes en diversos lugares de evaluación en el ambiente receptor.

En las siguientes secciones se aborda el balance de agua de la mina, el modelo de la calidad del agua de la mina, el modelo de la calidad del agua receptora de la mina y el modelo de la calidad del agua del Puerto junto con los supuestos, la información y los métodos de cálculo.

3.1 BALANCE DE AGUA PARA LA MINA

AMEC (2009) preparó el balance de agua para la operación y el cierre/post-cierre de la mina. Más adelante se incluyen los detalles del balance de agua. Cabe indicar que posteriormente se desarrolló un balance de agua de la mina que represente el actual plan de minado (AMEC 2010), pero se determinó que este balance de agua actualizado no alteraría las conclusiones sobre la valoración de los cambios en la calidad y la cantidad del agua causados por las actividades del Proyecto obtenidos a partir del balance de agua anterior preparado por AMEC (2009).

Es importante indicar que el balance de agua de la mina desarrollado por AMEC (2009) no incluye la fase de construcción de la mina. Sin embargo, se realizaron simulaciones de los caudales de descarga del área asociados con el periodo de construcción como parte de la evaluación del impacto hidrológico (Sección 6.6.1 de la EsIA), las cuales se encuentran disponibles para cuatro lugares de evaluación. En la Tabla 3-1 se tabulan estos caudales de los ríos durante la fase de construcción.

Tabla 3-1 Caudales Promedio Previstos Aguas Abajo Durante la Construcción

Lugar de Evaluación	Caudales Promedio [m ³ /s]
Petaquilla (W2)	2.2
Uvero (W3)	4.2
Caimito (W20)	22
San Juan (W5)	1.5

Notas: m³/s = metros cúbicos por segundo.

El balance de agua de la mina se puede describir mediante las siguientes tres fases principales, agrupadas entre paréntesis de acuerdo al plan de deposición de relaves:

- fase 1 de las operaciones (Año 1 a 22);
- fase 2 de las operaciones (Año 22 a 30); y
- cierre/post-cierre (Año > 30).

Las Figuras 3-1 a 3-3 presenta los diagramas de flujo del proceso (de acuerdo a AMEC 2009) para las tres etapas de minado y los detalles de cada fase se describen más adelante.

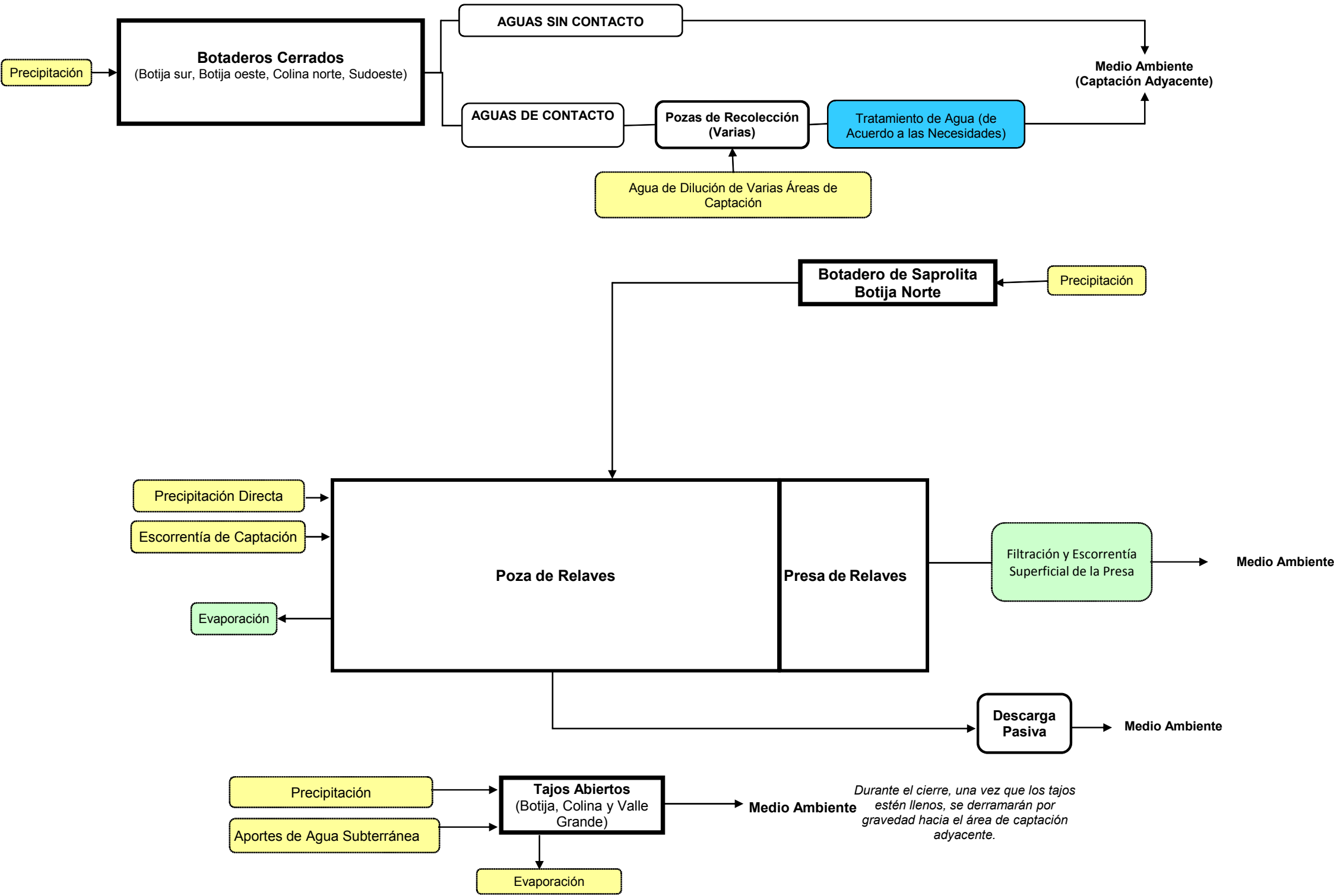
La Tabla 3-2 presenta las fuentes del efluente de la mina durante las operaciones y el cierre/post-cierre.

Tabla 3-2 Fuentes del Efluente de la Mina

Cuenca Hidrográfica	Fuente del Efluente de la Mina Durante las Operaciones y el Cierre/Post-cierre
Petaquilla	tajo Colina tajo Valle Grande DARE suroeste (después de 27 años de operaciones) filtración de la IMR
Botija	tajo Botija DARE Botija sur
Caimito	efluente de la IMR (incluye el drenaje del DARE Botija oeste, la pila de baja ley y saprolita) filtración de la IMR (incluye el drenaje del DARE Botija oeste, la pila de baja ley y saprolita)

Figura 3-2 Diagrama de Flujo del Proceso Para la Fase 2 de las Operaciones (en base a AMEC 2009)

Figura 3-3 Diagrama de Flujo del Proceso Para el Cierre/Post-cierre (en base a AMEC 2009)



3.1.1 Fase 1 de las Operaciones (Año 1 a 22)

Durante la fase 1 de las operaciones, toda el agua del área, incluyendo la escorrentía y las filtraciones de los DARE, será recogida y manejada a través de la IMR (Figura 3-1). El agua recopilada durante el desaguado del tajo será bombeada al Estanque de Agua de Proceso (EAP) en donde se utilizará posteriormente como agua de reposición para el proceso. El agua de la poza de relaves proporcionará agua de reposición adicional para el proceso durante esta etapa de las operaciones.

Toda el agua de proceso se bombeará a la IMR hasta el año 20 de las operaciones, momento en el cual se culminará con el minado del tajo Botija. En este punto, los relaves se depositarán en el tajo Botija (Tabla 2-1) y se inundarán a medida que el tajo se inunde. El agua de proceso asociada con los relaves del circuito *rougher* continuará descargándose en la IMR hasta el año 22.

Las pérdidas de agua en el área durante esta fase provendrán de los siguientes flujos:

- Efluente superficial de la IMR hacia el Río Uvero (Figura 3-1).
- La filtración base (es decir, filtración no recogida en los estanques de recolección de filtraciones) de la IMR fluirá hacia los Ríos Uvero, Petaquilla y del Medio. La filtración recogida de la presa de relaves será bombeada de nuevo a la IMR.
- La escorrentía y las filtraciones del DARE Botija drenarán directamente al Río Botija una vez que esta instalación sea recuperada en el año 14.

3.1.2 Fase 2 de las Operaciones (Año 22 a 30)

La deposición de relaves en la IMR terminará en el año 22 y la playa de relaves será reforestado. El depósito de saprolita Botija norte, ubicado dentro del área ocupada por la playa de relaves, también será reforestado. La escorrentía superficial de estas áreas continuará fluyendo hacia la poza de relaves y se descargará en el Río Uvero (Figura 3-2). El agua que fluye a los estanques de recolección aguas abajo de la IMR tampoco seguirá recirculando hacia la IMR y se descargará directamente en el Río Uvero. La filtración base de la IMR, no recogida por los estanques de recolección de filtraciones, continuará descargándose en los Ríos Petaquilla, Uvero y del Medio.

Toda el agua de proceso asociada con los relaves de los circuitos *rougher* y de limpieza será dirigida al tajo Botija después de año 22 (Tabla 2-1). El agua de proceso seguirá siendo bombeada al tajo Botija hasta el año 28, luego de lo cual será dirigida al tajo Colina por el resto de la vida de la mina. El agua reposición para el proceso será recuperada del desaguado de los tajos abiertos y de la IMR durante la fase 2 de las

operaciones. El exceso de agua de los tajos será bombeado a la IMR durante esta fase de las operaciones.

Los DARE también serán recuperados en forma progresiva durante las operaciones y finalmente cerrados con una cobertura que limite el oxígeno y el agua. Los DARE Botija sur, Botija oeste y Colina norte serán recuperados completamente hacia el año 22 de las operaciones. Después del cierre, la escorrentía superficial y las filtraciones de estos depósitos serán descargadas directamente al medio ambiente. La escorrentía y las filtraciones del DARE suroeste, la pila de baja ley Botija y el depósito de saprolita Botija norte continuarán siendo manejadas a través de las instalaciones de almacenamiento de relaves hasta el cierre (es decir, el año 30) (Figura 3-2).

El minado del tajo abierto Botija terminará durante el año 20 de las operaciones, cuando sea inundado y eventualmente se descargue al Río Botija. El modelo del balance de agua indica que el tiempo aproximado para inundar este tajo es aproximadamente 3.8 años (Tabla 3-3), lo que indica que este tajo se descargará al medio ambiente durante la fase 2 de las operaciones.

Tabla 3-3 Atributos de los Tajos Abiertos

Tajo Abierto	Vida del Tajo [años] ^(a)	Capacidad de Almacenamiento [m ³] ^{(a)(b)}	Tiempo Para el Desborde [años] ^(a)	Tasa de Descarga [m ³ /día]		Río Asociado
				Mínima [©]	Máxima	
Botija	20	447,770,552	3.8	19,775	324,430	Botija
Colina	28	332,700,061	5.0	24,427	84,751	Petaquilla
Valle Grande	28	202,640,090	11.2	14,611	75,338	Petaquilla

(a) De acuerdo a los valores calculados en el balance de agua de AMEC (2009).

(b) Capacidad máxima de almacenamiento de agua de tajos abiertos.

(c) Tasa mínima de descarga después de la inundación del tajo.

3.1.3 Cierre/Post-cierre (Año > 30)

Después que el minado termine, todas las instalaciones de la mina serán desactivadas y cerradas. Los DARE habrá sido cerrados y la escorrentía superficial y las filtraciones de estas instalaciones serán descargadas directamente al medio ambiente (Figura 3-3). Se espera que todo el mineral de baja ley sea procesado antes del cierre y que la pila de baja ley no exista durante la fase de cierre/post-cierre.

Sólo la escorrentía de la playa de relaves recuperados y del depósito de saprolita Botija norte seguirá fluyendo hacia la IMR durante la fase de cierre/post-cierre y se descargará al Río Uvero. La filtración base de la IMR continuará filtrándose a los Ríos Uvero, Petaquilla y del Medio.

Después que se culmina la extracción del mineral de los tajos Colina y Valle Grande (después del año 28), estos tajos serán inundados y se espera que se descarguen en forma continúa al Río Petaquilla. La Tabla 3-3 incluye el tiempo y las tasas de descarga esperados para todos estos tajos.

3.2 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MINA

El caso base de la Estrategia de Manejo de Agua de noviembre de 2009 (AMEC 2009) para el Proyecto Mina de Cobre indica que existen descargas controladas en las siguientes tres cuencas hidrográficas: Botija, Petaquilla, y Caimito, que eventualmente drenarán al mar Caribe (Mapa 29 del Anexo I). También se espera que un componente de la filtración base de la IMR drene a las cuencas Petaquilla y Caimito. Las fuentes del efluente de la mina que fluyen a cada cuenca se indican en la Tabla 3-2, para las operaciones y el cierre/post-cierre.

Se asignó una calidad de agua de acuerdo a los datos de los ensayos geoquímicos (Sección 6.1.3 de la EsIA) o la calidad del agua de línea base (Sección 6.6.1 de la EsIA) para las diversas fuentes de agua que aportan la carga química a cada fuente del efluente en el modelo del balance de agua (AMEC 2009).

Para facilitar el seguimiento de los impactos de la calidad del agua superficial, se determinaron las calidades de agua del efluente en un intervalo de tiempo mensual durante toda la vida de la mina (VDM) (es decir, 30 años) y por 70 años después del cierre/post-cierre.

Es importante indicar que el Proyecto se ha comprometido a tratar todas las descargas controladas a las concentraciones con el fin de cumplir con los criterios seleccionados para el efluente (Tabla 2.4). Cuando una calidad del agua simulada origina una concentración que excedió el criterio seleccionado para el efluente utilizando la metodología anterior, la concentración simulada se redujo a un valor equivalente al criterio seleccionado para el efluente (Sección 2.4). Este enfoque se considera conservador ya que es probable que las instalaciones de tratamiento puedan reducir algunos metales disueltos hasta llegar a concentraciones menores al criterio del efluente.

3.3 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS RECEPTORES EN EL SITIO DE LA MINA

Las calidades del agua del efluente fueron mezcladas con las calidades del agua receptora, utilizando un enfoque de balance de masas. En esencia, la calidad del agua de cada fuente del efluente liberada al ambiente receptor aguas abajo se puede describir con la siguiente fórmula:

$$C_{\text{aguas abajo}} = \frac{C_{\text{efluente}} \times Q_{\text{efluente}} + C_{\text{esorrentia}} \times Q_{\text{esorrentia}}}{Q_{\text{efluente}} + Q_{\text{esorrentia}}} \quad (1)$$

Donde: C_i = concentración en mg/L del componente i

Q_i = flujo en (L/s) del componente i

También se desarrolló un modelo de la calidad del agua del balance de agua para evaluar los impactos del efluente simulado del Proyecto en el ambiente receptor aguas abajo. La Tabla 22 incluye un resumen de los lugares de evaluación de la calidad del agua aguas abajo que también se presentan en el Mapa 29 del Anexo I.

En cada lugar, las concentraciones del efluente simulado fueron mezcladas de manera conservadora con las calidades promedio del agua de línea base en proporciones relativas de acuerdo a los caudales aguas abajo proporcionados en la evaluación hidrológica (Sección 6.6.1 de la EsIA). La calidad de agua resultante se describe de acuerdo a la Ecuación 1. También se determinaron las concentraciones de STS utilizando la metodología proporcionada en la Ecuación 1. Se espera que aguas abajo de la mina, podría haber sedimentación en el ambiente receptor; sin embargo, este enfoque establece un estimado conservador de las concentraciones de STS aguas abajo.

El problema durante la construcción se relaciona con el aumento de la erosión a causa de los trabajos de terreno y la preparación del área. Estas actividades podrían ocasionar un aumento de los STS y de la turbidez en los arroyos receptores y en el receptor marino. Por lo tanto, en la mina solo se prevén concentraciones de STS aguas abajo durante la construcción. De acuerdo al compromiso de que el efluente de área no excederá el criterio seleccionado para el efluente del Proyecto, se seleccionó una concentración equivalente a 35 mg/L para las concentraciones de STS del efluente. Luego, las concentraciones del efluente se mezclaron con el valor promedio de STS en cada lugar de evaluación. Estos valores se presentan en la Tabla 3-4.

3.4 DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MINA Y CUERPOS RECEPTORES

3.4.1 Caudales en el Ambiente Receptor y de los Efluentes

Las actividades mineras en el Proyecto requerirán que el agua del área sea descargada a la siguientes tres cuencas: Botija, Petaquilla y Caimito. Para evaluar los impactos de los efluentes en estas cuencas, se realizó un modelo de mezcla aguas abajo, utilizando los puntos de evaluación señalados en la Tabla 2-2. Se determinó el área total de drenaje, excluyendo las instalaciones de la mina, para calcular el caudal natural en cada lugar de evaluación aguas abajo durante las fases de construcción, operación y cierre/post-cierre (Sección 6.6.1 de la EsIA).

El volumen de los efluentes descargados por el Proyecto estará en función a las actividades mineras que se lleven a cabo en las diferentes etapas de la vida de la mina. Por ejemplo, no se descargará agua a la cuenca del Río Botija hasta que el DARE Botija sur se cierre durante el año 14. Los caudales naturales mensuales del río fueron calculados por cada periodo de tiempo de acuerdo a las profundidades promedio de la precipitación mensual (Sección 6.6.1 de la EsIA) en cada lugar de evaluación.

Los caudales utilizados en el modelo de calidad del agua se pueden obtener en la Sección 6.6.1 de la EsIA y en AMEC (2009).

3.4.2 Calidad del Agua en el Ambiente Receptor

Se evaluó la calidad del agua en el ambiente receptor aguas abajo en diversos lugares de evaluación (Tabla 2-2). En cada uno de estos lugares, el agua de contacto desviada de las instalaciones de la mina (por ejemplo, tajo abierto, DARE) se mezcla con el componente relativo del agua de río natural. Se asumió que la calidad promedio del agua de línea base informada para cada lugar de evaluación representa la calidad del caudal natural en el lugar de evaluación. La Tabla 3-4 incluye un resumen de la calidad promedio de agua de línea base utilizada en los cálculos de la mezcla en cada lugar de evaluación. La Sección 6.6.1 de la EsIA describe los resultados detallados de la calidad del agua.

Tabla 3-4 Calidad Promedio del Agua Superficial de Línea Base y del Agua Marina Superficial Para los Lugares de Evaluación

Parámetro ^(a)	Unidad	Petaquilla		Botija			Caimito				Lugares Marinos
		W2	W10	W5	W7	W16	W3	W13	W20	HW7	
Generales											
sulfato	mg/L	3	3	5	4	50	1	0.8	3	0.5	2,400
amonio	mg/L	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
nitrato	mg/L	0.09	0.07	0.1	0.08	0.06	0.09	0.07	0.04	<0.03	5
total de sólidos en suspensión	mg/L	10	5	10	10	50	5	10	6	< 1	9
cloruro	mg/L	3	3	4	3	300	3	4	20	3	18,200
fluoruro	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.07	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-
cianuro total	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01
Metales totales											
aluminio	mg/L	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.09
antimonio	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.001
arsénico	mg/L	0.0003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.0006	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.008
bario	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
berilio	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.001
boro	mg/L	0.01	<0.01	0.02	0.02	0.08	0.01	<0.01	0.01	<0.01	2.7
cadmio	mg/L	0.00008	0.00009	<0.00004	0.00007	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.00004	<0.0002
calcio	mg/L	2	3	4	4	10	3	3	2	3	350
cromo	mg/L	<0.0002	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0003	0.0004	0.0003	<0.0002	0.0008
cobalto	mg/L	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0007	0.0003	0.0004	0.0006	<0.0002	0.0007
cobre	mg/L	0.009	0.004	0.008	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.01
hierro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	0.4	0.1
plomo	mg/L	0.0003	0.0004	<0.0002	0.0005	0.0004	0.0003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.001
manganeso	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.01	0.01	0.04	0.009	0.01
mercurio	mg/L	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002
molibdeno	mg/L	0.0002	0.0002	0.0006	0.0002	0.0003	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004	0.01
níquel	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0003	<0.0002	0.0002	<0.0002	0.002
fósforo	mg/L	<0.03	<0.03	<0.03	0.05	0.06	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.15
selenio	mg/L	0.0006	<0.0002	0.0004	0.0005	0.0007	<0.0002	0.0004	<0.0002	0.0008	0.0005
plata	mg/L	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00025
sodio	mg/L	3	3	4	4	200	4	4	10	4	8,400
uranio	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.003
vanadio	mg/L	0.0009	0.0009	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.0007	0.002
zinc	mg/L	0.004	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	<0.005

^(a) Las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario.

Notas: < = menor que; mg/L = miligramos por litro.

3.4.3 Precipitación

El área del Proyecto tiene un rango de precipitación promedio anual de aproximadamente 3,200 a 5,000 mm y un rango de evaporación promedio anual de 1,090 a 1,340 mm. A excepción de febrero y marzo, que son meses relativamente más secos (por ejemplo, la precipitación promedio mensual es de 150 a 200 mm), la precipitación en Mina de Cobre se caracteriza por tener una pluviosidad moderada o alta durante todo el año y las lluvias más fuertes ocurren en noviembre y diciembre (por ejemplo, 500 a 700 mm aproximadamente) (Sección 6.5 de la EsIA).

La precipitación influirá directamente en la calidad del agua de todas las instalaciones de almacenamiento de agua superficial. En la mina, se asumió que la calidad de agua de las precipitaciones que se descargan a las superficies de los estanques no tiene carga de contaminantes. Este enfoque asume que las precipitaciones solo brindan dilución y no aportan carga química a los cálculos de la calidad del agua.

3.4.4 Calidad del Agua de Proceso

La calidad del agua de proceso en Mina de Cobre se originará de la deposición de los relaves de los circuitos *rougher* y de limpieza. Inicialmente, ambos caudales descargarán en la IMR hasta el año 20 de las operaciones, luego de lo cual la deposición de los relaves será redirigida a los tajos abiertos. Se seleccionó la calidad promedio esperada del agua de los ensayos geoquímicos cinéticos (celda de humedad) de los relaves para representar la calidad del agua de proceso (Sección 6.1.3 de la EsIA). No se contó con datos disponibles sobre la calidad del agua de los relaves de circuito de limpieza y se seleccionó la calidad promedio esperada de agua a largo plazo de las celdas de humedad de los relaves del circuito *rougher* para representar la calidad de toda el agua de proceso. En la Tabla 3-5 se incluye un resumen de los datos sobre la calidad del agua de proceso.

Se añadirá cianuro de sodio (NaCN) a una tasa de 1,369 toneladas/año durante el procesamiento del mineral. Se espera que una fracción del cianuro total usado en el proceso se descargue en los relaves y en los tajos abiertos, diluido en el agua de proceso.

Tabla 3-5 Resumen de la Calidad del Agua de Proceso y los Relaves

Parámetro	Unidad	Celda de Humedad de los Relaves del Circuito Rougher ^{(a)(b)}			Calidad del Agua de Aporte de los Relaves ^(c)	Calidad de Agua de Proceso ^(c)
		T1	T2	T3		
		KM 2041-11 Colas del Circuito Rougher Bulk	KM 2041-52 Rougher Bulk T1	KM 2041-83 Colas Bulk		
Generales						
sulfato	mg/L	13.4	13.0	14.0	13.5	13.5
cloruro	mg/L	0.82	1.20	0.40	0.81	0.81
fósforo	mg/L	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003
nitrato	mg/L	2.2	0.0	0.0	0.73	0.73
cianuro total	mg/L	-	-	-	-	0.2 ^(d)
Metales						
aluminio	mg/L	0.038	0.027	0.044	0.036	0.036
antimonio	mg/L	0.0003	0.0002	0.0005	0.0003	0.0003
arsénico	mg/L	0.000	0.003	0.016	0.006	0.006
bario	mg/L	0.10	0.09	0.04	0.07	0.07
berilio	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
bismuto	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
boro	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
cadmio	mg/L	0.00003	0.00004	0.00002	0.00003	0.00003
calcio	mg/L	25.3	25.7	25.1	25.4	25.4
cromo	mg/L	0.00010	0.00010	0.00007	0.00009	0.00009
cobalto	mg/L	0.00004	0.00012	0.00005	0.00007	0.00007
cobre	mg/L	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004
hierro	mg/L	0.005	0.009	0.006	0.007	0.007
plomo	mg/L	0.00020	0.00002	0.00003	0.00008	0.00008
litio	mg/L	0.0013	0.0017	0.0023	0.0018	0.0018
magnesio	mg/L	0.35	6.57	0.99	2.64	2.64
manganeso	mg/L	0.048	0.102	0.027	0.059	0.059
mercurio	mg/L	0.0	0.0	0.00001	0.000003	0.000003
molibdeno	mg/L	0.033	0.047	0.029	0.036	0.036

Tabla 3-5 Resumen de la Calidad del Agua de Proceso y los Relaves (continuación)

Parámetro	Unidad	Celda de Humedad de los Relaves del Circuito Rougher ^{(a)(b)}			Calidad del Agua de Aporte de los Relaves ^(c)	Calidad de Agua de Proceso ^(c)
		T1	T2	T3		
		KM 2041-11 Colas del Circuito Rougher Bulk	KM 2041-52 Rougher Bulk T1	KM 2041-83 Colas Bulk		
níquel	mg/L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002
potasio	mg/L	1.65	5.23	2.20	3.03	3.03
selenio	mg/L	0.0009	0.0013	0.0010	0.0011	0.0011
silicio	mg/L	3.3	3.4	6.3	4.3	4.3
plata	mg/L	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
sodio	mg/L	0.88	0.83	3.67	1.80	1.80
estroncio	mg/L	0.18	0.39	0.21	0.26	0.26
azufre	mg/L	7.0	46.0	7.4	20.1	20.1
talio	mg/L	0.000007	0.000013	0.000016	0.000012	0.000012
estaño	mg/L	0.00005	0.0089	0.0060	0.0050	0.0050
titanio	mg/L	0.0	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002
uranio	mg/L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002
vanadio	mg/L	0.0	0.00020	0.00020	0.00013	0.00013
zinc	mg/L	0.0012	0.0021	0.0010	0.0014	0.0014
zirconio	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- (a) Calidad esperada en el agua de las muestras de relaves calculada como un porcentaje de las últimas cinco semanas de ensayos en las celdas de humedad.
- (b) Se asignó un valor de 0 mg/L a las concentraciones menores al límite de detección instrumental.
- (c) Representa el promedio de las calidades esperadas para el agua de los relaves del circuito rougher.
- (d) Se asumió que el cianuro total será tratado de acuerdo al criterio seleccionado para el efluente (Golder 2007) en el caudal del agua de proceso.

Notas: mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario.

3.4.5 Depósito de Mineral de Baja Ley

El mineral de baja ley se almacenará en superficie en Mina de Cobre durante las operaciones y el drenaje de la pila se descargará en la IMR. Las características geoquímicas del mineral de baja ley no fueron evaluadas como parte del programa de geoquímica de línea base. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia en otros sitios, se asumió la posibilidad de que estos materiales generen drenaje ácido antes del final de la fase de operaciones. Se seleccionaron los resultados de los ensayos de generación neta de ácido (GNA) a partir de las muestras recopiladas en el tajío abierto Colina para representar el drenaje de la pila de baja ley (Tabla 3-6). En la Sección 6.1.3 de la EslA se detalla los resultados de los ensayos de todas las muestras.

El Proyecto se ha comprometido a tratar cualquier drenaje del área para que cumpla con los criterios seleccionados para el efluente. Como tal, las concentraciones de los ensayos GNA para algunos parámetros que excedían los criterios seleccionados fueron ajustadas para cumplirlos (ver Sección 2.4). La Tabla 3-6 indica la calidad del agua proveniente del mineral de baja ley que fue utilizada para el modelo.

Tabla 3-6 Resumen de la Calidad del Agua del Mineral de Baja ley, del Agua del Circuito de Filtrado y de las Agua Servidas

Parámetro	Unidades	Mineral de Baja Ley ^(a)	Agua del Circuito Filtrado ^(b)	Aguas Servidas ^(c)
Generales				
Sulfato	mg/L	633	399	-
Cloruro	mg/L	7.9	9.0	-
Fluoruro	mg/L	-	-	-
Fósforo	mg/L	1.0	2.0	-
Nitrato	mg/L	4.9	4.4	26.6
Amonio	mg/L	-	-	3.6
cianuro total	mg/L	-	-	-
Metales				
Aluminio	mg/L	5.0	5.0	-
Antimonio	mg/L	0.00018	0.00057	-
Arsénico	mg/L	0.00039	0.00087	-
Bario	mg/L	0.043	0.035	-
Berilio	mg/L	0.00082	0.00046	-
Bismuto	mg/L	0.0	0.000002	-
Boro	mg/L	0.018	0.031	-
Cadmio	mg/L	0.005	0.003	-

Tabla 3-6 Resumen de la Calidad del Agua del Mineral de Baja ley, del Agua del Circuito de Filtrado y de las Agua Servidas (continuación)

Parámetro	Unidades	Mineral de Baja Ley ^(a)	Agua del Circuito Filtrado ^(b)	Aguas Servidas ^(c)
Calcio	mg/L	99.9	74.0	-
Cromo	mg/L	0.012	0.018	-
Cobalto	mg/L	0.12	0.07	-
Cobre	mg/L	0.30	0.30	-
Hierro	mg/L	2.0	2.0	-
Plomo	mg/L	0.009	0.005	-
Litio	mg/L	0.008	0.006	-
Magnesio	mg/L	5.91	5.96	-
Manganeso	mg/L	0.30	0.30	-
Mercurio	mg/L	0.000008	0.000009	-
Molibdeno	mg/L	0.07	0.05	-
Níquel	mg/L	0.05	0.03	-
Potasio	mg/L	3.40	3.56	-
Selenio	mg/L	0.010	0.010	-
Silicio	mg/L	30.0	19.4	-
Plata	mg/L	0.003	0.002	-
Sodio	mg/L	43.6	41.4	-
Estroncio	mg/L	0.26	0.20	-
Azufre	mg/L	196	125	-
Talio	mg/L	0.000088	0.000058	-
Estaño	mg/L	0.003	0.002	-
Titanio	mg/L	0.0002	0.005	-
Uranio	mg/L	0.0006	0.0004	-
Vanadio	mg/L	0.003	0.018	-
Zinc	mg/L	0.50	0.50	-
zirconio	mg/L	0.0	0.0	-

(a) De acuerdo a las muestras para el ensayo de generación neta de ácido promedio (GNA) extraídas del tajo abierto Colina.

(b) De acuerdo a las muestras para el ensayo de generación neta de ácido promedio (GNA) extraídas de los tajos abiertos Colina y Botija.

(c) Criterio seleccionado para el efluente (Golder 2007) para especies de nitrógeno.

Notas: mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario;
- = sin valor disponible.

3.4.6 Explosivos

El minado de los tajos abiertos requerirá el uso de nitrato de amonio/combustible derivado del petróleo (ANFO) y explosivos en emulsión. Frecuentemente, la carga química de las especies de nitrógeno (por ejemplo, el nitrato y el amonio) está asociada con el uso de explosivos en las minas. La Tabla 3-7 presenta los supuestos relacionados con el uso de explosivos para el modelo de la calidad del agua de la mina con el fin de calcular la liberación de la carga química de los distintos parámetros...

El total de toneladas de mineral y roca estéril durante la vida de la mina (Sección 5.4 de la EsIA) se usó como base para determinar las cargas químicas. La masa total de explosivos liberada fue añadida en forma lineal durante la fase de operaciones para cada tajo y se añadió a la tasa del caudal de agua para el área respectiva con el fin de desarrollar concentraciones estimadas en el tiempo para estos parámetros.

Tabla 3-7 Resumen de los Supuestos Para el uso de Explosivos

Supuesto	ANFO	Emulsión
porcentaje de explosivos totales	25%	75%
factor de carga	0.26 kg/t	0.26 kg/t
fracción de residuos	5%	5%
composición	94% de ANFO, 6% combustible derivado del petróleo	63% de ANFO, 18% de NaNO ₃ , 9% de agua, 6% de combustible derivado del petróleo, 4% de microesferas

Notas: kg/t = kilogramos por tonelada; ANFO = nitrato de amonio /combustible derivado del petróleo.

3.4.7 Calidad del Agua del Circuito de Filtrado en Punta Rincón

El agua excedente del circuito de filtrado de Punta Rincón se regresará a la IMR durante la fase de operaciones. No se contó con muestras disponibles del circuito de filtrado para realizar ensayos durante el programa de evaluación geoquímica de línea base y se seleccionó la calidad promedio de agua a partir de los resultados de los ensayos GNA para representar la calidad de este caudal, como un supuesto conservador. Al igual de la GNA, también se asumió que los parámetros que excedían los criterios seleccionados para el efluente serán tratados hasta llegar a una concentración equivalente a los criterios seleccionados para el efluente. En la Tabla 3-6 se presenta la calidad del agua de aporte para el agua del circuito de filtrado.

3.4.8 Calidad del Agua del Efluente de las Aguas Servidas Tratadas

El agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas servidas drenará a la IMR. Se asumió que la calidad de las aguas servidas tratadas será prístina, a excepción del amonio y el nitrato, a los cuales se asignó una concentración equivalente al límite máximo permisible en el criterio seleccionado para el efluente (Tabla 2-4). En la Tabla 3-6 se presenta el modelo de datos de la calidad del agua para las aguas servidas tratadas.

3.4.9 Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril y Saprolita

Se necesitarán los siguientes cinco depósitos para almacenar la roca estéril y la saprolita asociadas con el minado de los tajos abiertos:

- DARE Colina norte;
- DARE suroeste ;
- DARE Botija oeste;
- DARE Botija sur; y
- depósito de saprolita Botija norte.

La calidad de agua de la escorrentía y las aguas servidas de los cuatro DARE y del depósito de saprolita estará en función de los materiales de desechos mineros contenidos en ellos. Con el fin de evaluar las calidades del agua de drenaje de los DARE del Proyecto, se asumió el minado de las siguientes tres unidades principales de roca estéril a partir de los tres tajos abiertos: andesita, granodiorita y saprolita. A cada unidad se le asignó la calidad promedio del agua a largo plazo observada en las muestra de las celdas de humedad recopiladas en el tajo Botija. En la Tabla 3-8 se presentan las calidades del agua de aporte para cada material de roca estéril. En la Sección 6.1.3 de la EsIA se detalla los resultados de las celdas de humedad.

Para determinar la calidad del drenaje de los DARE y del depósito de saprolita en la mina, se asignaron proporciones relativas de los tipos de roca de acuerdo a un cálculo visual de los tipos de roca del tajo. La Tabla 3-9 muestra las proporciones de los tipos de roca asumidos.

La calidad del agua asignada para cada tipo de roca se mezcló en las proporciones indicadas para determinar la calidad del agua de drenaje de cada DARE y del depósito de saprolita. Cabe indicar que no se enviaron muestras de roca estéril de Colina para los ensayos en las celdas de humedad y el tajo Valle Grande se añadió al plan de

minado después de recopilar las muestras con el fin de respaldar el programa de geoquímica de línea base. Como tal, se utilizó la calidad de drenaje esperada calculada sobre la base de las muestras de las celdas de humedad de Botija como una calidad de agua sucedánea para la roca estéril derivada de los tajos abiertos Colina y Valle Grande. Este enfoque se considera razonable ya que se espera encontrar unidades de roca similares en los tres tajos.

Con el cierre, los DARE se cubrirán con una cobertura que limite el oxígeno y el agua para minimizar la oxidación de la roca estéril y evitar el inicio de la generación de ácido. Después de la recuperación del DARE, la calidad agua promedio del lugar de monitoreo de línea base más cercano fue asignada a la esorrentía sobre el DARE. Los siguientes lugares de monitoreo de la calidad de agua de línea base fueron seleccionados para representar la calidad de agua de la esorrentía de los DARE recuperados:

- W2 – DARE suroeste y Colina norte;
- W5 – DARE Botija sur; y
- W26 – DARE Botija oeste y el depósito de saprolita Botija norte.

La Tabla 3-4 presenta las calidades promedio del agua de línea base. La calidad del agua operativa de los DARE fue asignada a las filtraciones que atraviesan las instalaciones durante el cierre/post-cierre (Tabla 3-8).

Tabla 3-8 Resumen de la Calidad del Agua de la Roca Estéril

Parámetro	Unidades	Muestras de las Celdas de Humedad ^{(a)(b)}							
		Andesita		Granodiorita			Saprolita		
		HC1 B61-98-108	HC2 B61-240-250	HC3 B32-160-170	HC4 B32-250-252	Promedio®	HC5 B32-19-21	HC6 B21-0-6	Promedio®
General									
acidez	mg/L como CaCO ₃	2.83	3.22	2.59	2.60	2.80	3.43	2.77	3.10
alcalinidad	mg/L como CaCO ₃	25.40	5.26	14.03	18.72	12.67	3.68	1.30	2.49
total de sólidos en suspensión	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
Aniones y nutrientes									
sulfato	mg/L	2.1	31.4	3.8	9.6	14.9	16.4	3.0	9.7
cloruro	mg/L	0.25000	0.36667	0.0	0.0	0.12222	0.50000	0.58750	0.54375
fluoruro	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
fósforo	mg/L	0.00300	0.00275	0.00267	0.00300	0.00281	0.00720	0.00233	0.00477
nitrato	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	2.00000	0.66667	0.00000	0.00000	0.00000
amonio	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
cianuro total	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Metales									
aluminio	mg/L	0.05692	0.03274	0.07352	0.02244	0.04290	0.03982	0.00222	0.02102
antimonio	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006	0.00009	0.00007	0.000072	0	0.00004
arsénico	mg/L	0.00006	0.00007	0.00005	0.00004	0.00005	0.000092	0.000015	0.00005
bario	mg/L	0.01432	0.00431	0.00305	0.00869	0.00535	0.02396	0.001668	0.01281
berilio	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0.00000
bismuto	mg/L	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00000	0.00000	0	0.00000
boro	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0.00000
cadmio	mg/L	0.00000	0.00003	0.00001	0.00001	0.00001	0.0007172	0	0.00036
calcio	mg/L	4.85400	17.74000	5.76200	8.32000	10.60733	3.266	0.078	1.67200
cromo	mg/L	0.00005	0.00000	0.00010	0.00000	0.00003	0	0.0001	0.00005
cobalto	mg/L	0.00001	0.00005	0.00001	0.00005	0.00004	0.0001302	0.0000268	0.00008
cobre	mg/L	0.00106	0.00409	0.00172	0.00194	0.00258	0.055	0.002062	0.02853
hierro	mg/L	0.00320	0.00220	0.00860	0.00400	0.00493	0.0226	0.00116667	0.01188
plomo	mg/L	0.00014	0.00014	0.00024	0.00034	0.00024	0.0000354	0.002987	0.00151
litio	mg/L	0.00000	0.00038	0.00062	0.00045	0.00048	0.00138	0	0.00069
magnesio	mg/L	2.08600	0.10200	0.16200	1.17800	0.48067	0.774	0	0.38700

Tabla 3-8 Resumen de la Calidad del Agua de la Roca Estéril (continuación)

Parámetro	Unidades	Muestras de las Celdas de Humedad ^{(a)(b)}							
		Andesita		Granodiorita			Saprolita		
		HC1 B61-98-108	HC2 B61-240-250	HC3 B32-160-170	HC4 B32-250-252	Promedio [©]	HC5 B32-19-21	HC6 B21-0-6	Promedio [©]
manganeso	mg/L	0.00847	0.00695	0.01302	0.01806	0.01268	0.05086	0.002068	0.02646
mercurio	mg/L	0.00000	0.000000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0	0.00001
molibdeno	mg/L	0.00019	0.00604	0.00040	0.00707	0.00450	0.007782	0.00005	0.00392
níquel	mg/L	0.00010	0.00014	0.00009	0.00013	0.00012	0.00079	0.000396	0.00059
potasio	mg/L	0.93600	0.28800	0.34600	1.24000	0.62467	2.414	3.26	2.83700
selenio	mg/L	0.00006	0.00017	0.00010	0.00055	0.00027	0.00151	0.000186	0.00085
silicio	mg/L	0.47540	0.64300	0.89680	0.46440	0.66807	3.594	0.8034	2.19870
plata	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0	0.00000
sodio	mg/L	0.43000	0.29600	0.37200	0.29200	0.32000	3.766	0.572	2.16900
estroncio	mg/L	0.08526	0.11454	0.04308	0.12960	0.09574	0.06738	0.000944	0.03416
azufre	mg/L	0.00000	20.20000	2.25000	4.80000	9.08333	7.2	3	5.10000
talio	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000036	0.0000536	0.00003
estaño	mg/L	0.00005	0.00004	0.00004	0.00005	0.00004	0.00003	0.000122	0.00008
titanio	mg/L	0.00000	0.00050	0.00047	0.00000	0.00032	0.0005	0	0.00025
uranio	mg/L	0.00001	0.00005	0.00022	0.00006	0.00011	0.0000042	3.3333E-06	0.00000
vanadio	mg/L	0.00144	0.00000	0.00036	0.00038	0.00025	0.00035	0	0.00018
zinc	mg/L	0.00046	0.00154	0.00062	0.00054	0.00090	0.02	0.00254	0.01127
zirconio	mg/L	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	0.00000

(a) Calidad del agua esperada calculada como un porcentaje de las últimas cinco semanas de ensayos en las celdas de humedad.

(b) Se asignó un valor de 0 mg/L a las concentraciones menores al límite de detección instrumental.

(c) Representa el promedio de las calidades esperadas para el agua de las celdas de humedad

Notas: mg/L = miligramos por litro; las concentraciones son totales a menos que se indique lo contrario.

Tabla 3-9 Proporciones Estimadas de Roca Estéril en los Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril

DARE	Tipo de Roca [porcentaje]		
	Granodiorita	Andesita	Saprolita
Colina norte Suroeste Botija oeste Botija sur	45	45	10
depósito de saprolita Botija norte	-	-	100

3.4.10 Estanques de Recolección de los Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril

El drenaje de los DARE se descargará en un estanque de recolección antes de ser bombeado a la IMR o de ser descargado al medio ambiente. La calidad de los estanques de sedimentación de roca estéril estará en función del drenaje del DARE y de la escorrentía de suelo natural que se descarga en el estanque de recolección. La calidad de agua promedio del lugar de monitoreo de línea base más cercano fue asignada a la escorrentía natural y mezclada con la calidad de agua del DARE calculada de acuerdo a sus caudales relativos.

La Tabla 3-10 presenta los estanques de recolección asociadas con cada DARE y la calidad de agua de línea base asignada. La Tabla 3-4 presenta los resultados de la calidad de agua de línea base promedio.

Tabla 3-10 Resumen de la Calidad del Agua de Aporte de los Estanques de Recolección

DARE ^(a)	Estanque(s) de Recolección	Calidad de Agua Asignada de la Escorrentía Natural
Suroeste	Estanque Colina suroeste 2 Estanque Valle Grande suroeste	W2
Botija sur	Estanque de sedimentación Botija sur 1 Estanque de sedimentación Botija sur 2 Estanque de sedimentación Botija sur 3	W5
Botija oeste	Estanque de sedimentación Botija oeste	W26

^(a) En el balance de agua de AMEC (2009) no se encontró información disponible sobre los estanques de recolección relacionadas con el DARE Colina y la calidad de agua de estos estanques no se incluyó en la evaluación. El balance de agua de la mina actualizado (AMEC 2010) si incluyó los estanques de recolección del DARE, pero estos caudales no alterarán de manera significativa la calidad y la cantidad de agua que se descargue al Río Petaquilla.

3.4.11 Tajos Abiertos

Durante las operaciones mineras, el agua que se descarga a los sumideros de los tajos será bombeada al Estanque de Agua de Proceso (EAP) para luego reservarla como agua de reposición para el proceso. Durante las operaciones, la calidad del agua de los sumideros de los tajos estará en función de los caudales que se descarguen en dichos sumideros. Mientras el minado esté activo en los tajos abiertos, estos caudales sólo incluirán la escorrentía de roca de las paredes y los flujos subterráneos.

Se asumió que los sumideros de los tajos abiertos no tendrán capacidad de almacenamiento y que el agua que se descargue al tajo se bombeará instantáneamente a la EAP. Este enfoque asume que la calidad del agua de los sumideros de los tajos es igual a la calidad mezclada de los caudales que se descargan al sumidero del tajo y que los efectos de evaporación serán insignificantes.

Se seleccionó la calidad promedio del agua subterránea de línea base para representar la calidad del agua subterránea que drena a los tajos abiertos. La Tabla 3-11 presenta un resumen de estos resultados de monitoreo y en la Sección 6.6.2 de la EsIA se detalla los resultados. La calidad de la escorrentía de la roca de las paredes estará en función de los tipos de roca expuesta en las paredes del tajo. Se seleccionó la calidad del agua promedio esperada de las celdas de humedad de roca estéril para representar la calidad de drenaje del agua en contacto con cada unidad de roca de la pared del tajo. Al igual que con los DARE, no se contó con información disponible sobre la composición de las proporciones de las paredes del tajo expuestas. Se utilizó la Tabla 3-9 para calcular la calidad del agua de drenaje del DARE (por ejemplo, granodiorita = 45%; andesita = 45%; y saprolita = 10%), la cual sirvió como base para ponderar las calidades de agua de las unidades de roca de las paredes. Este enfoque asume que la calidad del agua simulada de la escorrentía de las paredes del tajo será similar a la calidad de agua simulada del drenaje del DARE (Tabla 3-8).

Una vez que la extracción del mineral de los tajos abiertos haya terminado, los tajos abiertos serán inundados y eventualmente se descargarán al medio ambiente. La Tabla 3-3 presenta la vida del tajo antes del inicio de la inundación y la cantidad de tiempo necesario antes de la descarga esperada de los tajos. Además de la escorrentía de la roca de las paredes y del agua subterránea, la calidad del agua de la laguna del tajo estará en función de la precipitación directa y en el caso de los tajos abiertos Botija y Colina, de la calidad del agua de proceso. La calidad del agua asumida presentada en la Tabla 3-5 fue asignada al agua de proceso. Durante el post-cierre, una vez que los tajos estén inundados y no existan flujos de proceso, la calidad del agua de la laguna del tajo estará únicamente en función del agua subterránea y de la precipitación directa. Cada uno de estos flujos se mezcló en proporciones relativas de acuerdo a los flujos establecidos en AMEC (2009).

Tabla 3-11 Resumen de la Calidad del Agua Subterránea de Línea Base

Parámetro	Unidades	Calidad Promedio del Agua Subterránea ^(a)
Aniones y Nutrientes		
sulfato	mg/L	9.34
cloruro	mg/L	5.37
nitrato	mg/L	0.0166
Metales		
aluminio	mg/L	0.0815
antimonio	mg/L	0.000225
arsénico	mg/L	0.000525
bario	mg/L	0.0296
cadmio	mg/L	0.000184
calcio	mg/L	17.9
cromo	mg/L	0.00121
cobalto	mg/L	0.00216
cobre	mg/L	0.00173
hierro	mg/L	0.503
plomo	mg/L	0.000175
litio	mg/L	0.00139
magnesio	mg/L	4.96
manganeso	mg/L	0.363
molibdeno	mg/L	0.00546
níquel	mg/L	0.00124
selenio	mg/L	0.000188
silicio	mg/L	15.6
sodio	mg/L	9.91
estroncio	mg/L	0.15
talio	mg/L	0.0000838
estaño	mg/L	0.0003
titanio	mg/L	0.0027
zinc	mg/L	0.0128

^(a) Calidad promedio del agua subterránea informada en todos los lugares de monitoreo de línea base.

Notas: mg/L = miligramos por litro.

En las determinaciones de la calidad del agua de las lagunas en los tajos también se consideraron los efectos de la evaporación; sin embargo, los valores promedio de la precipitación mensual son hasta cinco veces mayores a la evaporación respectiva (AMEC 2009) por lo que la evaporación no afectan de manera significativa la calidad del agua simulada de la laguna del tajo.

Es importante indicar que el tajo Valle Grande se descargará en el tajo Colina antes de descargar en el Río Petaquilla. Estos tajos fueron analizados en forma individual, para determinar el volumen total del agua que contribuye al efluente del Río Petaquilla en el balance de agua. Se adoptó un enfoque similar para calcular las calidades del agua del efluente que irán al medio ambiente receptor aguas abajo. Analizar los tajos por separado no alterará los cálculos de la calidad del agua del efluente final que irá al Río Petaquilla ya que se asume que ambos tajos se mezclarán completamente antes de la descarga.

3.4.12 Estanque de Agua de Proceso

La calidad de agua del EAP será calculada a lo largo de toda la fase de operaciones y será influenciada de acuerdo a los caudales relativos del sumidero del tajo que drena al estanque, la escorrentía natural, la precipitación directa y la evaporación. La calidad del agua de línea base promedio informada en el lugar de monitoreo W26 fue asignada a la escorrentía natural que va a la EAP (Tabla 3-4). Las proporciones de las calidades del agua de aporte y del agua simulada (por ejemplo, tajos abiertos) en la EAP se basaron en los caudales simulados proporcionados en el balance de agua de AMEC (2009).

3.4.13 Instalaciones para el Manejo de Relaves

Se anticipa que 1.3 mil millones de toneladas de relaves serán almacenados en la IMR en un área de aproximadamente 20 km².

La IMR será la principal área de almacenamiento de agua en la mina. Esta instalación está compuesta por una playa de relaves, conformada por los relaves del circuito *rougher*, un estanque de almacenamiento de agua y los relaves sumergidos del circuito de limpieza. En cada intervalo de tiempo del modelo mensual, se determinó la calidad de agua esperada para la poza de relaves combinando la carga química de cada aporte con la masa acumulada existente retenida en la poza. Se determinó una concentración para cada parámetro, asumiendo que toda la masa de la poza se disuelve homogéneamente en el volumen total de la poza para el intervalo de tiempo correspondiente. Este método contempla los efectos inherentes de la evaporación en la poza de relaves.

La carga de masa acumulada en la poza de la IMR fue removida por lo siguiente:

- descarga superficial al Río Uvero;
- pérdidas de filtraciones que van al estanque de recolección de relaves y a los Ríos Uvero, del Medio y Petaquilla; y
- pérdidas en los espacios vacíos de los relaves.

Durante la fase 1 de las operaciones, toda el agua del área será manejada a través de la IMR. Es posible que el agua de las siguientes fuentes afecte la calidad del agua de la poza durante este periodo:

- escorrentía y filtraciones del depósito de saprolita Botija norte y los DARE Botija sur, Botija oeste, Colina norte y suroeste (Tabla 3-8);
- agua de proceso tratada (Tabla 3-5);
- escorrentía y filtraciones tratadas de la pila de baja ley, agua de Punta Rincón y efluente de aguas servidas tratadas (Tabla 3-6);
- desaguado de tajos con minado activo; y
- escorrentía natural y precipitación directa.

La calidad promedio del agua de línea base informada en el lugar de monitoreo W26 fue seleccionada para representar la escorrentía natural que drena a la IMR (Tabla 3-4). Además de los flujos anteriores, la escorrentía y las filtraciones de la playa de relaves también drenarán la poza de relaves. La playa de relaves estará compuesta por relaves del circuito *rougher*. Los relaves del circuito de limpieza se han caracterizado como potencialmente generadores de ácido (Sección 6.1.3 de EsIA) y se mantendrán bajo una cobertura de agua constante para minimizar la oxidación y el inicio de la generación de ácido. Para los fines de la actual evaluación, todos los materiales sumergidos fueron considerados inertes. La calidad de agua esperada a largo plazo observada en las muestras de las celdas de humedad fue asignada al drenaje de la playa de relaves (Tabla 3-5).

Las fuentes de agua que aportan carga química a la poza de relaves durante la fase 2 de las operaciones serán similares a los flujos identificados en la fase 1 de las operaciones, con las siguientes excepciones:

- los DARE Botija sur, Botija oeste y Colina norte serán cerrados y el drenaje de estos depósitos será descargado al medio ambiente;
- la corriente profunda y el rebose de los ciclones ya no son considerados en los flujos de proceso;

- un componente del desaguado de pozos con minado activo será bombeado directamente a la IMR; y
- la escorrentía natural hacia la IMR aumenta durante el año 22 cuando la playa de relaves y el depósito de saprolita Botija norte son recuperados.

Durante la fase de cierre/post-cierre, los únicos aportes que descargarán en la poza de relaves provendrán de la escorrentía y las filtraciones de la playa de relaves recuperada y reforestada, el depósito de saprolita Botija norte, la escorrentía natural y las precipitaciones directas. La playa de relaves y el depósito de saprolita Botija norte seguirán cubiertos durante esta fase y se asumió que el drenaje de estos depósitos será similar a la calidad de agua de la escorrentía natural. Como tal, la calidad de agua de línea base promedio reportada para el lugar de monitoreo W26 fue asignada a los caudales. Todos los demás depósitos que permanecerán en obra durante la fase de cierre/post-cierre (por ejemplo, los tajos abiertos y los DARE cubiertos) descargarán directamente al medio ambiente.

3.4.14 Estanque de Recolección de la IMR

Las filtraciones de la presa de relaves serán recolectadas en el estanque de recolección de la IMR y recirculadas a la IMR durante la fase 1 de las operaciones. Las filtraciones de la IMR drenarán directamente al medio ambiente durante la fase 2 de las operaciones y la fase de cierre/post-cierre. El agua que está almacenada en el estanque de recolección de la IMR será diluida por el agua de construcción almacenada en vacíos en la presa de relaves y la escorrentía de los taludes de la presa. La calidad del agua de línea base promedio del lugar de monitoreo W26 fue asignada al agua de construcción y a la escorrentía de los taludes (Tabla 3-4).

3.4.15 Filtración en la Base de la Instalación de Manejo de Relaves

Además de la descarga del efluente superficial, la IMR también perderá agua a través de filtraciones de su presa y su base las que irán al medio ambiente receptor. Las filtraciones de la presa serán recolectadas y bombeadas de nuevo a la IMR hasta el año 22, luego de lo cual la IMR será recuperada y los estanques de recolección serán desactivadas. En esta etapa de las operaciones, las filtraciones de la presa se descargarán al Río Uvero. La filtración base se perderá en forma continua durante toda la VDM en los Ríos Uvero, Petaquilla y del Medio.

Para evaluar los impactos en la calidad del agua superficial de la filtración base de la IMR en el medio ambiente receptor agua abajo, se establecieron tasas de filtración para el área máxima ocupada por el Proyecto para las fases de operación y de cierre/post-cierre (ver Sección 9.1.5 de la EsIA). La Tabla 3-12 presenta las tasas de

filtración base de la IMR hacia el medio ambiente receptor en el área máxima simulada ocupada por el Proyecto. Para la evaluación de la calidad del agua superficial, estas tasas fueron interpoladas durante toda la VDM asumiendo que la IMR estará llena hasta la mitad al final del primer año de las operaciones y continuaría llenándose en forma lineal de allí en adelante.

Tabla 3-12 Tasas Máximas de Filtración de las Instalaciones Para el Manejo de Relaves en la Huella del Proyecto

Lugar	Tasa de Filtración en el Depósito de Relaves [m ³ /día]	
	Operación (Años 0 - 30)	Cierre/Post-cierre (Años >30)
Río Uvero	7,400	8,600
estanque de limpieza	6,600	5,900
Río del Medio A	8,600	8,700
estanques de recolección este	3,200	3,300
tajo Botija	1,800	1,400
DARE Botija oeste	3,800	3,800
Río Petaquilla	<50	100
estanque de recolección oeste	3,000	2,900

Se utilizaron las tasas de filtración para establecer las cargas de agua subterránea para los receptores (por ejemplo, los lugares de evaluación) en los Ríos Uvero, Petaquilla y del Medio. Las concentraciones promedio simuladas en la IMR esperadas durante las operaciones y el cierre/post-cierre sirvieron de base para calcular las cargas en el transporte del agua subterránea. Se asumió que todas las filtraciones se descargarán en el lugar que se encuentre más aguas arriba del cuerpo de agua receptor. En la Sección 9.1.5 de la EslA se detallan los supuestos y los métodos para realizar el modelo de transporte masivo del agua subterránea.

3.5 MODELO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS RECEPTORES EN EL SITIO DEL PUERTO

Durante las operaciones en el puerto, el agua de enfriamiento será descargada en el medio ambiente marino desde el efluente de la planta de generación de energía térmica a través de un sistema difusor. Esto incluirá un componente del sistema

depurador de aire. Los aumentos de la temperatura y las posibles descargas de metales del agua del efluente de la planta de generación de energía térmica podrían afectar las aguas marinas superficiales. El impacto de los cambios en la temperatura se presenta en la evaluación del impacto oceanográfico físico (Sección 9.1.6).

Se determinaron los impactos en la calidad del agua en dos lugares, tal como se define en la evaluación del impacto oceanográfico físico (Sección 9.1.6). Los lugares de evaluación cerca del campo se encuentra dentro de 26 m del difusor y los lugares de evaluación lejos del campo se encuentran dentro de 500 m del difusor.

Se realizaron pronósticos sobre la calidad del agua para el arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y vanadio como resultado de la descarga de agua de enfriamiento desde el puerto. El análisis del carbón proporcionado se limitó a estos materiales, y por ello, sólo estos materiales fueron evaluados. Se asume que los metales traza contenidos en el carbón utilizado en la planta de generación de energía se disolverán en el agua de enfriamiento y se descargarán al medio ambiente marino. La Tabla 3-13 presenta las concentraciones promedio de metales en fase sólida disponibles.

Tabla 3-13 Concentraciones de Metales en Fase Sólida de Carbón Utilizado en la Planta de Generación de Energía

Metal	Concentración Promedio Para la Fase Sólida [mg/kg]
arsénico	0.57
cadmio	0.94
cromo	12.7
plomo	8.9
mercurio	0.02
selenio	0.23
vanadio	36.1

Notas: mg/kg = miligramos por kilogramo.

De acuerdo a la descripción del Proyecto, se utilizaron las siguientes constantes para determinar la calidad del agua como resultado de las descargas desde el difusor de agua de enfriamiento:

- el agua es descargada desde el difusor a una tasa de 15.7 m³/s (15,700 L/s); y
- el carbón es utilizado a una tasa de 517,324 toneladas/año (16.4 kg/s);

Se determina la calidad del agua que sale del ducto del difusor utilizando la ecuación 2:

$$C_{\text{difusor}} = \frac{C_{\text{sólida}} \times U_{\text{carbón}}}{Q_{\text{difusor}}} \quad (2)$$

Donde: C_{difusor} = concentración (mg/L) de metales desde el difusor
 $C_{\text{sólida}}$ = concentración (mg/kg) de metales en fase sólida
 $U_{\text{carbón}}$ = tasa de uso de carbón (kg/s)
 Q_{difusor} = tasa de descarga de agua (L/s) desde el difusor

El modelo de la evaluación del impacto oceanográfico físico (Sección 9.1.6) determinó un factor de dilución calculado como la relación de la temperatura del efluente y la temperatura cerca y lejos del campo del modelo. El factor de dilución cerca del campo se calculó en 0.10 y el factor de dilución lejos del campo se calculó en 0.057. Luego, se aplicó el factor de dilución para determinar las concentraciones cerca y lejos del campo, calculadas con la ecuación 3:

$$C_{\text{cerca del campo}} = C_{\text{difusor}} \times D + C_{\text{línea base}} \times (1 - D) \quad (3)$$

Donde: $C_{\text{cerca del campo}}$ = concentración (mg/L) de metales cerca del campo
 D = factor de dilución para lugares de evaluación cerca o lejos del campo (sin unidades)
 $C_{\text{línea base}}$ = concentraciones de metales de línea base (mg/L)

4 RESULTADOS

4.1 CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DE LA MINA

4.1.1 Fase de Construcción

Durante la construcción, el aumento de la erosión debido a los trabajos de terreno y la preparación del área podrían originar un aumento del STS y de la turbidez en los arroyos receptores. El Proyecto se ha comprometido a cumplir con los criterios seleccionados para el efluente para el STS y, como tal, se seleccionó un valor de 35 mg/L para representar la concentración de STS del efluente.

4.1.2 Fases de Operaciones y Cierre/Post-cierre

4.1.2.1 Resultados de la Calidad del Efluente del Agua Superficial

En las Tablas 4-1, 4-2 y 4-3, respectivamente, se presentan la calidad mínima, máxima y promedio del agua del efluente simulado para cada periodo de tiempo (Tabla 2-3) en las cuencas de los Ríos Botija, Petaquilla y Caimito. Los criterios seleccionados para el efluente se establecen con fines de comparación ya que la calidad de agua del efluente cumplirá con estos valores o será menor que los mismos.

El Proyecto manejará el agua dentro de la IMR de manera que las descargas al Río Uvero cumplan con los criterios establecidos para el cianuro en las aguas receptoras. Esto se puede lograr mediante la degradación natural y con tratamiento, de ser necesario. Antes que el efluente de la IMR sea liberado al medio ambiente, sería necesario que las concentraciones del efluente no estén muy por encima del criterio para aguas receptoras (0.005 mg/L) dado que no existe mucha agua disponible para dilución en la parte superior del Río Uvero. Las reacciones de hidrólisis, de acuerdo con Simovic *et. al.* (1984), indican que las concentraciones de cianuro se degradarían del límite del efluente (0.2 mg/L) hasta el criterio para aguas receptoras (0.005 mg/L) en aproximadamente 30 días. Sin embargo, dadas las temperaturas elevadas, la cantidad de luz solar disponible durante todo el año y el área superficial de la poza de relaves (es decir, más de 20 km²), es probable que las tasas de degradación serían mayores, por lo que el enfoque usado es conservador.

Tabla 4-1 Calidad del Agua del Efluente Simulado para el Río Botija

Parámetro	Unidades	Criterios Seleccionados Para el Efluente (a)	Años 0 – 13 ^(b)			Años 14 - 23 ^(b)			Años 24 - 28			Años > 29 ^(b)		
			Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
Generales														
sulfato	mg/L	1,000	0	10.9	0.6	10.2	10.9	10.9	9.6	10.2	9.9	6.7	10.1	8.0
amonio	mg/L	3	0	0.004	0.000	0.001	0.004	0.004	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003
nitrato	mg/L	6	0	0.28	0.02	0.28	0.46	0.30	0.38	0.45	0.43	0.17	0.38	0.25
STS	mg/L	35	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
cloruro	mg/L	400	0	2.43	0.14	1.05	2.43	2.30	1.01	1.57	1.20	1.53	1.77	1.68
fluoruro	mg/L	1.5	0	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Metales totales														
aluminio	mg/L	5	0	0.12	0.01	0.05	0.12	0.11	0.05	0.07	0.06	0.07	0.08	0.07
antimonio	mg/L	-	0	0.00011	0.00001	0.00011	0.00019	0.00012	0.00017	0.00020	0.00019	0.00009	0.00017	0.00011
arsénico	mg/L	0.1	0	0.0001	0.0000	0.0001	0.0031	0.0004	0.0022	0.0034	0.0029	0.0004	0.0022	0.0010
bario	mg/L	-	0	0.011	0.001	0.011	0.039	0.014	0.030	0.041	0.037	0.011	0.030	0.017
berilio	mg/L	-	0	0.000085	0.000005	0.000018	0.000085	0.000079	0.000018	0.000044	0.000027	0.000042	0.000046	0.000044
boro	mg/L	0.75	0	0.006	0.000	0.001	0.006	0.006	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
cadmio	mg/L	0.01	0	0.000038	0.000002	0.000032	0.000038	0.000037	0.000028	0.000032	0.000030	0.000032	0.000037	0.000036
cromo	mg/L	5	0	0.00014	0.00001	0.00011	0.00014	0.00014	0.00010	0.00012	0.00010	0.00012	0.00019	0.00016
cobalto	mg/L	-	0	0.0006	0.0000	0.0002	0.0006	0.0006	0.0002	0.0004	0.0003	0.0004	0.0005	0.0005
cobre	mg/L	0.3	0	0.0046	0.0003	0.0036	0.0046	0.0045	0.0032	0.0038	0.0035	0.0027	0.0038	0.0033
hierro	mg/L	2	0	0.093	0.005	0.037	0.093	0.088	0.031	0.056	0.040	0.056	0.094	0.081
plomo	mg/L	0.05	0	0.00022	0.00001	0.00013	0.00022	0.00021	0.00010	0.00014	0.00012	0.00013	0.00014	0.00014
manganeso	mg/L	0.3	0	0.040	0.002	0.040	0.048	0.040	0.043	0.046	0.044	0.044	0.055	0.051
mercurio	mg/L	0.0002	0	0.000009	0.000001	0.000003	0.000009	0.000008	0.000003	0.000006	0.000004	0.000004	0.000006	0.000005
molibdeno	mg/L	2.5	0	0.0016	0.0001	0.0016	0.0183	0.0032	0.0127	0.0194	0.0169	0.0027	0.0128	0.0061
níquel	mg/L	0.2	0	0.0003	0.0000	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
selenio	mg/L	0.01	0	0.00030	0.00002	0.00030	0.00062	0.00033	0.00051	0.00063	0.00059	0.00021	0.00051	0.00031
plata	mg/L	-	0	0.000021	0.000001	0.000008	0.000021	0.000020	0.000008	0.000013	0.000010	0.000011	0.000013	0.000012
sodio	mg/L	35,000	0	2.26	0.13	1.65	2.26	2.21	1.56	1.86	1.67	1.85	2.11	2.02
uranio	mg/L	-	0	0.00007	0.00000	0.00007	0.00013	0.00008	0.00011	0.00013	0.00012	0.00005	0.00011	0.00007
vanadio	mg/L	-	0	0.0005	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
zinc	mg/L	0.5	0	0.007	0.000	0.003	0.007	0.006	0.002	0.004	0.003	0.004	0.005	0.004

(a) Ver Tabla 2-4 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.
(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: mg/L = miligramos por litro; STS = sólidos totales suspendidos.

Tabla 4-2 Calidad del Agua del Efluente Simulado Para el Río Petaquilla

Parámetro	Unidades	Criterios Seleccionados para el Efluente	Años 0 - 4			Años 5 - 25 ^(b)			Años 26 - 31 ^(b)			Años 32 - 38 ^(b)			Años > 39 ^(b)		
			Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
Generales																	
sulfato	mg/L	1,000	0	0	0	0	9.8	0.3	9.6	10.2	9.9	8.6	9.9	9.3	4.6	8.8	6.0
amonio	mg/L	3	0	0	0	0	0.004	0.000	0.001	0.004	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
nitrato	mg/L	6	0	0	0	0	0.21	0.01	0.21	0.43	0.27	0.28	0.43	0.33	0.09	0.28	0.15
STS	mg/L	35	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
cloruro	mg/L	400	0	0	0	0	2.29	0.07	0.99	2.28	1.92	0.98	1.50	1.37	1.18	1.31	1.24
fluoruro	mg/L	1.5	0	0	0	0	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
Metales Totales																	
aluminio	mg/L	5	0	0	0	0	0.09	0.00	0.04	0.08	0.07	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04
antimonio	mg/L	-	0	0	0	0	0.00009	0.00000	0.00009	0.00019	0.00012	0.00011	0.00019	0.00014	0.00005	0.00010	0.00007
arsénico	mg/L	0.1	0	0	0	0	0.0001	0.0000	0.0001	0.0033	0.0009	0.0011	0.0033	0.0020	0.0002	0.0011	0.0005
bario	mg/L	-	0	0	0	0	0.012	0.000	0.012	0.040	0.019	0.020	0.040	0.028	0.008	0.020	0.012
berilio	mg/L	-	0	0	0	0	0.000076	0.000002	0.000015	0.000074	0.000055	0.000014	0.000032	0.000028	0.000019	0.000023	0.000021
boro	mg/L	0.75	0	0	0	0	0.005	0.000	0.001	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
cadmio	mg/L	0.01	0	0	0	0	0.000042	0.000001	0.000029	0.000042	0.000037	0.000028	0.000041	0.000031	0.000030	0.000041	0.000033
cromo	mg/L	5	0	0	0	0	0.00009	0.00000	0.00008	0.00009	0.00009	0.00008	0.00012	0.00009	0.00012	0.00013	0.00013
cobalto	mg/L	-	0	0	0	0	0.0007	0.0000	0.0002	0.0007	0.0005	0.0002	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
cobre	mg/L	0.3	0	0	0	0	0.0043	0.0001	0.0031	0.0042	0.0038	0.0028	0.0033	0.0030	0.0015	0.0033	0.0021
hierro	mg/L	2	0	0	0	0	0.068	0.002	0.022	0.063	0.047	0.020	0.045	0.032	0.044	0.057	0.053
plomo	mg/L	0.05	0	0	0	0	0.00022	0.00001	0.00011	0.00022	0.00019	0.00010	0.00019	0.00013	0.00009	0.00019	0.00012
manganeso	mg/L	0.3	0	0	0	0	0.041	0.001	0.041	0.045	0.043	0.044	0.048	0.046	0.046	0.048	0.047
mercurio	mg/L	0.0002	0	0	0	0	0.000008	0.000000	0.000003	0.000008	0.000006	0.000003	0.000004	0.000004	0.000002	0.000003	0.000002
molibdeno	mg/L	2.5	0	0	0	0	0.0011	0.0000	0.0011	0.0186	0.0057	0.0070	0.0187	0.0117	0.0015	0.0070	0.0033
níquel	mg/L	0.2	0	0	0	0	0.0003	0.0000	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002
selenio	mg/L	0.01	0	0	0	0	0.00029	0.00001	0.00027	0.00062	0.00036	0.00034	0.00061	0.00046	0.00012	0.00033	0.00019
plata	mg/L	-	0	0	0	0	0.000019	0.000001	0.000007	0.000018	0.000015	0.000006	0.000010	0.000009	0.000005	0.000007	0.000006
sodio	mg/L	35,000	0	0	0	0	2.01	0.06	1.50	2.00	1.84	1.48	1.70	1.64	1.51	1.67	1.57
uranio	mg/L	-	0	0	0	0	0.00006	0.00000	0.00006	0.00013	0.00008	0.00007	0.00013	0.00009	0.00002	0.00007	0.00004
vanadio	mg/L	-	0	0	0	0	0.0005	0.0000	0.0002	0.0005	0.0004	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002
zinc	mg/L	0.5	0	0	0	0	0.007	0.000	0.003	0.007	0.006	0.003	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004

^(a) Ver Tabla 2-4 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

^(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: mg/L = miligramos por litro; STS = sólidos totales suspendidos.

Tabla 4-3 Calidad del Agua del Efluente Simulado Para el Río Caimito

Parámetro	Unidades	Criterios seleccionados para el efluente ^(a)	Años 0 – 22 ^(b)			Años 23 - 24 ^(b)			Años 25 - 28 ^(b)			Años 29 - 30 ^(b)			Años >30 ^(b)		
			Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
Generales																	
sulfato	mg/L	1,000	0	30.4	24.9	10.4	32.6	29.4	10.6	34.6	31.5	10.8	36.7	30.9	1.6	34.9	7.1
amonio	mg/L	3	0	0.076	0.043	0.009	0.110	0.051	0.079	0.273	0.199	0.075	0.244	0.190	0.004	0.183	0.032
nitrato	mg/L	6	0	0.97	0.76	0.35	1.00	0.77	0.64	1.60	1.31	0.63	1.49	1.25	0.22	1.24	0.39
STS	mg/L	35	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
cloruro	mg/L	400	0	2.08	1.07	1.24	3.35	1.50	1.47	4.15	1.83	1.79	4.18	2.25	1.94	2.24	2.05
fluoruro	mg/L	1.5	0	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02
Metales totales																	
aluminio	mg/L	5	0	0.22	0.17	0.09	0.26	0.23	0.12	0.29	0.26	0.12	0.32	0.27	0.04	0.31	0.08
antimonio	mg/L	-	0	0.00034	0.00022	0.00017	0.00034	0.00021	0.00015	0.00036	0.00018	0.00015	0.00036	0.00018	0.00016	0.00018	0.00017
arsénico	mg/L	0.1	0	0.0042	0.0036	0.0011	0.0030	0.0025	0.0003	0.0021	0.0012	0.0003	0.0006	0.0005	0.0001	0.0005	0.0002
bario	mg/L	-	0	0.055	0.043	0.020	0.038	0.034	0.013	0.031	0.023	0.013	0.026	0.017	0.011	0.017	0.012
berilio	mg/L	-	0	0.000118	0.000050	0.000070	0.000248	0.000094	0.000093	0.000319	0.000126	0.000135	0.000322	0.000166	0.000147	0.000167	0.000154
boro	mg/L	0.75	0	0.006	0.002	0.003	0.013	0.004	0.004	0.016	0.006	0.006	0.017	0.008	0.007	0.009	0.008
cadmio	mg/L	0.01	0	0.000221	0.000172	0.000091	0.000256	0.000229	0.000110	0.000292	0.000262	0.000112	0.000314	0.000271	0.000031	0.000303	0.000076
cromo	mg/L	5	0	0.00056	0.00045	0.00029	0.00068	0.00061	0.00037	0.00080	0.00072	0.00038	0.00087	0.00078	0.00017	0.00086	0.00029
cobalto	mg/L	-	0	0.0046	0.0034	0.0022	0.0056	0.0050	0.0029	0.0066	0.0059	0.0030	0.0073	0.0064	0.0012	0.0071	0.0022
cobre	mg/L	0.3	0	0.0145	0.0117	0.0055	0.0161	0.0145	0.0062	0.0176	0.0160	0.0063	0.0188	0.0160	0.0015	0.0180	0.0043
hierro	mg/L	2	0	0.109	0.083	0.092	0.186	0.125	0.115	0.235	0.160	0.117	0.238	0.186	0.094	0.194	0.114
plomo	mg/L	0.05	0	0.00043	0.00035	0.00024	0.00052	0.00047	0.00029	0.00060	0.00055	0.00029	0.00064	0.00058	0.00016	0.00062	0.00024
manganeso	mg/L	0.3	0	0.055	0.045	0.027	0.049	0.044	0.026	0.050	0.043	0.026	0.050	0.042	0.020	0.043	0.025
mercurio	mg/L	0.0002	0	0.000007	0.000004	0.000004	0.000011	0.000005	0.000004	0.000013	0.000005	0.000005	0.000013	0.000006	0.000005	0.000007	0.000006
molibdeno	mg/L	2.5	0	0.0242	0.0219	0.0069	0.0190	0.0164	0.0023	0.0146	0.0096	0.0022	0.0068	0.0056	0.0004	0.0059	0.0013
níquel	mg/L	0.2	0	0.0018	0.0014	0.0008	0.0022	0.0019	0.0010	0.0025	0.0022	0.0010	0.0027	0.0023	0.0003	0.0026	0.0007
selenio	mg/L	0.01	0	0.00100	0.00094	0.00041	0.00097	0.00089	0.00034	0.00089	0.00077	0.00034	0.00078	0.00069	0.00016	0.00075	0.00026
plata	mg/L	-	0	0.000102	0.000079	0.000057	0.000126	0.000113	0.000072	0.000149	0.000134	0.000074	0.000164	0.000147	0.000037	0.000161	0.000059
sodio	mg/L	35,000	0	3.39	2.69	2.36	4.65	3.40	2.71	5.48	3.91	2.74	5.55	4.34	2.23	4.50	2.68
uranio	mg/L	-	0	0.00020	0.00016	0.00009	0.00018	0.00014	0.00008	0.00017	0.00012	0.00008	0.00017	0.00011	0.00008	0.00011	0.00008
vanadio	mg/L	-	0	0.0006	0.0003	0.0004	0.0008	0.0005	0.0005	0.0010	0.0006	0.0005	0.0010	0.0007	0.0004	0.0007	0.0005
zinc	mg/L	0.5	0	0.020	0.015	0.008	0.024	0.021	0.009	0.027	0.024	0.009	0.030	0.025	0.002	0.029	0.006

^(a) Ver Tabla 2-4 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

^(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: mg/L = miligramos por litro; STS = sólidos totales suspendidos.

4.2 RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS FILTRACIONES DE LA INSTALACIÓN DE MANEJO DE RELAVES

También se perderá agua mediante filtraciones desde la base y a través presa de IMR. Se espera que las filtraciones de la presa ocurran después de un periodo de tiempo relativamente más corto y descargarán en los estanques de recolección. A estas filtraciones se les asignó una calidad equivalente a las concentraciones simuladas de la IMR (Tabla 4-3). Se espera que la trayectoria de las filtraciones desde la base de la IMR requiera un periodo de tiempo más largo antes de llegar al medio ambiente receptor. Se simuló la calidad del agua de las filtraciones de base de la IMR a lo largo de sus trayectorias teniendo en cuenta las tasas de filtración máximas esperadas en el área ocupada por la IMR durante las operaciones y el cierre/post-cierre (ver Sección 3.4.15) y la calidad de agua promedio esperada en la IMR para cada uno de estos periodos. La Tabla 4-4 muestra las concentraciones esperadas durante las operaciones y el cierre/post-cierre utilizadas en el modelo del agua subterránea.

En la Sección 9.1.5 de la EsIA se presentan los detalles del modelo de transporte masivo del agua subterránea.

Tabla 4-4 Calidad del Agua de las Filtraciones Simuladas de la IMR

Parámetro	Unidades	Calidad del Agua de las Filtraciones Base de la IMR	
		Operación (0 a 30 años)	Fase de Cierre/Post-cierre (>30 años)
Generales			
Sulfato	mg/L	34.1	38.5
Cloruro	mg/L	2.1	2.0
Fluoruro	mg/L	0.013	0.015
total de sólidos en suspensión	mg/L	3.1	3.9
Nitrato	mg/L	1.2	1.7
amonio	mg/L	0.15	0.28
Metales			
aluminio	mg/L	0.3	0.33
antimonio	mg/L	0.00034	0.00018
Arsénico	mg/L	0.0042	0.0018
Bario	mg/L	0.055	0.028
Berilio	mg/L	0.00012	0.00015

**Tabla 4-4 Calidad de Agua de las Filtraciones Simuladas de la IMR
(continuación)**

Parámetro	Unidades	Calidad del Agua de las Filtraciones Base de la IMR	
		Operación (0 a 30 años)	Fase de Cierre/Post-cierre (>30 años)
Bismuto	mg/L	0.00011	0.00015
Boro	mg/L	0.0065	0.0078
Cadmio	mg/L	0.00027	0.00033
Cromo	mg/L	0.00072	0.00090
Cobalto	mg/L	0.0060	0.0076
Cobre	mg/L	0.017	0.020
Hierro	mg/L	0.14	0.19
Plomo	mg/L	0.00055	0.00066
Litio	mg/L	0.0014	0.00098
Magnesio	mg/L	2.5	1.6
Manganeso	mg/L	0.055	0.045
Mercurio	mg/L	0.0000073	0.0000061
Molibdeno	mg/L	0.024	0.013
níquel	mg/L	0.0023	0.0028
Selenio	mg/L	0.0010	0.00088
Plata	mg/L	0.00013	0.00017
Estroncio	mg/L	0.18	0.10
Uranio	mg/L	0.00020	0.00013
Vanadio	mg/L	0.00057	0.00072
zinc	mg/L	0.025	0.031

Notas: mg/L = miligramos por litro.

4.3 RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL

Las siguientes subsecciones presentan los resultados simulados en los lugares de evaluación aguas abajo. En cada lugar, la calidad del agua asignada o calculada para todas las fuentes de agua (por ejemplo, efluente superficial, IMR, filtraciones, etc.) que drenan a ese lugar fue mezclada en forma conservadora de acuerdo con sus proporciones de caudal relativas. Todas las concentraciones simuladas fueron comparadas con los criterios seleccionados para el agua superficial (Tabla 2-5) y la

calidad del agua de línea base promedio para cada lugar de evaluación (Tabla 3-4). En la Sección 9.1.7 de la EsIA se interpretan y discuten estos resultados.

4.3.1 Construcción

Durante el periodo de construcción, hubo caudales disponibles para los siguientes lugares:

- W2 (Río Petaquilla);
- W3 (Río Uvero);
- W20 (Río Caimito); y
- W5 (Río Botija).

Como tal, el impacto del STS en el receptor del agua superficial aguas abajo fue evaluado únicamente en estos lugares. La Tabla 4-5 presenta las concentraciones simuladas del STS.

Tabla 4-5 Concentraciones Simuladas de STS Durante la Construcción

Lugar de Evaluación	Concentraciones de STS de Línea Base Promedio [mg/L]	Concentraciones de STS Previstas Durante la Construcción [mg/L]
Petaquilla (W2)	10	20
Uvero (W3)	5	20
Caimito (W20)	6	10
San Juan (W5)	10	10

Notas: STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Si bien las concentraciones previstas de STS están por encima de las condiciones de línea base promedio para los lugares de evaluación en los Ríos Petaquilla, Uvero y Caimito, los rangos previstos (10 a 20 mg/L) se encuentran dentro de los rangos de concentración de línea base observados. Ver la Sección 9.1.7 de la EsIA para obtener mayores detalles sobre los STS.

4.3.2 Operaciones y Cierre/Post-cierre

4.3.2.1 Cuenca del Río Botija

En las Tablas 4-6, 4-7 y 4-8, respectivamente, se presentan los resultados de los pronósticos sobre la calidad del agua aguas abajo de la mina para los lugares de evaluación W5 (Río Botija), W7 (Río San Juan) y W16 (Río Coclé del Norte).

Las concentraciones previstas de la mayoría de los parámetros para las aguas en los cuerpos receptores fueron similares a las concentraciones de línea base. Sin embargo las concentraciones de algunos parámetros fueron mayores y se resumen de la siguiente manera:

- W5 – arsénico, bario, cobalto, manganeso, molibdeno, nitrato, selenio, sulfato, STS y zinc;
- W7 – arsénico, molibdeno, nitrato, sulfato y STS; y
- W16 – arsénico, molibdeno y nitrato.

Se predijo que las concentraciones de arsénico, molibdeno y nitrato estarán en un orden de magnitud mayor a los valores de línea base, como resultado de las liberaciones del Proyecto al Río Botija, pero menor a los criterios de calidad de las aguas receptoras.

Las concentraciones de aluminio, cadmio, cloruro, cobre y hierro previstas para la cuenca Botija exceden los criterios de calidad para aguas receptoras en uno o más lugares de evaluación. De estos constituyentes, sólo se prevé que el Proyecto aumente las concentraciones de cadmio y molibdeno en W5 por encima de los criterios para aguas receptoras. Las concentraciones de cadmio previstas en el efluente y aguas abajo se basan en los valores del límite de detección y, por ello, los impactos están sobreestimados. Se prevé que los efluentes del Proyecto al Río Botija en W5 aumenten las concentraciones de molibdeno a partir de los valores de línea base hasta un máximo de 0.02 mg/L, mayor que los criterios para aguas receptoras en W5, entre los años operativos 24 y 28. No se espera que otras concentraciones de metales en el Río Botija sobrepasen los criterios de calidad para aguas receptoras como resultado de los efluentes del Proyecto.

Las concentraciones de STS de línea base exceden los valores de línea base (10 mg/L) en W5 y W7 con concentraciones previstas que fluctúan entre los 10 mg/L y 30 mg/L. Una vez más, estas concentraciones se encuentran dentro del rango de concentraciones de línea base observadas.

Tabla 4-6 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W5 para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W5)	Años 0 - 13 ^(b)			Años 14 - 23 ^(b)			Años 24 - 28 ^(b)			Años >29 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General															
sulfato	mg/L	250	5	5	7	5	7	9	7	8	9	8	6	8	7
amonio	mg/L	1	<0.01	0.007	0.01	0.01	0.003	0.008	0.007	0.003	0.006	0.004	0.005	0.006	0.006
nitrato	mg/L	10	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.2
STS	mg/L	-	10	10	20	10	20	30	20	20	30	30	20	30	20
cloruro	mg/L	100	4	3	4	4	2	3	3	2	2	2	2	3	2
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.04	0.05	0.05	0.01	0.04	0.04	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
Metales Totales															
aluminio	mg/L	0.005	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.003	0.0004	0.001	0.003	0.002	0.0003	0.001	0.0006
bario	mg/L	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.00006	0.0002	0.0001	0.00006	0.0001	0.00008	0.0001	0.0001	0.0001
boro	mg/L	0.5	0.02	0.01	0.02	0.02	0.005	0.01	0.01	0.005	0.009	0.006	0.009	0.01	0.009
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00004	0.00004
cromo	mg/L	0.05	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
cobalto	mg/L	0.05	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
cobre	mg/L	0.002	0.008	0.006	0.00V8	0.008	0.004	0.007	0.006	0.004	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005
hierro	mg/L	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.09	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2
plomo	mg/L	0.001	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002
manganeso	mg/L	0.1	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.000007	0.00002	0.00001	0.000007	0.00001	0.000009	0.00001	0.00001	0.00001
molibdeno	mg/L	0.01	0.0006	0.0006	0.001	0.0006	0.001	0.01	0.002	0.008	0.02	0.01	0.002	0.008	0.004
níquel	mg/L	0.02	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
selenio	mg/L	0.001	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0006	0.0004	0.0005	0.0006	0.0005	0.0003	0.0005	0.0004
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.00004	0.00005	0.00005	0.00002	0.00004	0.00004	0.00002	0.00003	0.00002	0.00003	0.00003	0.00003
sodio	mg/L	-	4	3	4	4	2	3	3	2	3	2	3	3	3
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	0.00009	0.0001	0.0001	0.00009	0.0001	0.00009	0.0001	0.0001	0.0001	0.00007	0.0001	0.00008
vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.0009	0.001	0.001	0.0004	0.001	0.0009	0.0004	0.0007	0.0005	0.0007	0.0007	0.0007
zinc	mg/L	0.03	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.
STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-7 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W7 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W7)	Años 0 - 13 ^(b)			Años 14 - 23 ^(b)			Años 24 - 28 ^(b)			Años > 29 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General															
sulfato	mg/L	250	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4
amonio	mg/L	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
nitrato	mg/L	10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.1	0.09	0.1	0.1	0.1	0.09	0.1	0.09	0.08
STS	mg/L	-	10	10	10	10	20	10	10	20	20	10	10	10	10
cloruro	mg/L	100	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
fluoruro	mg/L	0.75	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Metales Totales															
aluminio	mg/L	0.005	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
antimonio	mg/L	0.005	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0002	0.0003	0.0005	0.0004	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002
bario	mg/L	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
berilio	mg/L	0.1	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
cadmio	mg/L	0.000017	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00007	0.00007	0.00006	0.00007	0.00006	0.00007	0.00007	0.00007	0.00007
cromo	mg/L	0.05	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004
cobalto	mg/L	0.05	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
cobre	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
hierro	mg/L	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
plomo	mg/L	0.001	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
manganeso	mg/L	0.1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
mercurio	mg/L	0.0001	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
molibdeno	mg/L	0.01	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.002	0.0003	0.0007	0.002	0.001	0.0003	0.0008	0.0004	0.0002
níquel	mg/L	0.02	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
selenio	mg/L	0.001	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
plata	mg/L	0.0001	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
sodio	mg/L	-	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4
uranio	mg/L	0.01	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
zinc	mg/L	0.03	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

^(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

^(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.

STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-8 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W16 para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W16)	Años 0 - 13 ^(b)			Años 14 - 23 ^(b)			Años 24 - 28 ^(b)			Años >29 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General															
sulfato	mg/L	250	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
amonio	mg/L	1	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
nitrato	mg/L	10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06
STS	mg/L	-	50	50	50	50	40	50	50	40	50	40	50	50	50
cloruro	mg/L	100	300	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>300</u>
fluoruro	mg/L	0.75	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Metales Totales															
aluminio	mg/L	0.005	0.5	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>	<u>0.5</u>
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006
bario	mg/L	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00004</u>
cromo	mg/L	0.05	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
cobalto	mg/L	0.05	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
cobre	mg/L	0.002	0.003	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>	<u>0.003</u>
hierro	mg/L	0.3	0.6	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>	<u>0.6</u>
plomo	mg/L	0.001	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
manganeso	mg/L	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
molibdeno	mg/L	0.01	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0007	0.0003	0.0004	0.0007	0.0005	0.0003	0.0004	0.0003
níquel	mg/L	0.02	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
selenio	mg/L	0.001	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
sodio	mg/L	-	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
uranio	mg/L	0.01	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
vanadio	mg/L	0.1	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
zinc	mg/L	0.03	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.
STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

4.3.2.2 Cuenca del Río Petaquilla

En las Tablas 4-9 y 4-10, respectivamente, se presentan los resultados de la calidad del agua superficial simulada para los lugares W2 y W10 durante las fases de operaciones y cierre/post-cierre en estos dos lugares.

La mayoría de concentraciones previstas en aguas receptoras del Río Petaquilla fueron menores a los criterios seleccionados para agua superficial, pero se predijeron aumentos por encima de las concentraciones de línea base para algunos parámetros e incluyen: arsénico, sulfato, bario, cobalto, manganeso, molibdeno, nitrato, STS y zinc. Si bien la mayoría de concentraciones previstas fueron similares a las concentraciones de línea base (es decir, dentro de un orden de magnitud), se observaron mayores incrementos de arsénico, nitrato y molibdeno.

No se esperan concentraciones de metales en el Río Petaquilla por encima de los criterios de calidad para aguas receptoras como resultado de los efluentes del Proyecto. Se predijo que todas las concentraciones de aluminio, cadmio y cobre serán mayores que los criterios para aguas receptoras como resultado de las condiciones de línea base existentes y no como resultado del efluente del Proyecto (Tabla 9.1.7-14 de la Sección 9.1.7).

Aunque se manejarán liberaciones controladas de agua para limitar los STS a 35 mg/L durante las operaciones, podría haber aumentos de STS por encima de las condiciones de la línea base promedio, existentes en el Río Petaquilla. Sin embargo, los rangos previstos (10 a 20 mg/L en W2 y 5 a 20 mg/L en W10) se encuentran dentro de los rangos de concentración de línea base observados.

Tabla 4-9 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W2 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W2)	Años 0 - 4 ^(b)			Años 5 - 25 ^(b)			Años 26 - 31 ^(b)			Años 32 - 38 ^(b)			Años >39 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General																		
sulfato	mg/L	250	3	3	3	3	3	6	3	6	8	6	6	8	7	4	7	5
amonio	mg/L	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.008	0.01	0.01	0.003	0.008	0.007	0.003	0.006	0.005	0.004	0.005	0.004
nitrato	mg/L	10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.1	0.09	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.09	0.2	0.1
STS	mg/L	-	10	10	10	10	10	20	10	20	30	20	20	30	20	30	30	30
cloruro	mg/L	100	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.01	0.04	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Metales Totales																		
aluminio	mg/L	0.005	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.08	0.2	0.1	0.07	0.1	0.1	0.08	0.1	0.09
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
arsénico	mg/L	0.005	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.003	0.0008	0.0008	0.003	0.001	0.0002	0.0008	0.0004
bario	mg/L	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.009	0.02	0.01
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.00006	0.0002	0.0001	0.00006	0.0001	0.0001	0.00008	0.00009	0.00008
boro	mg/L	0.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.004	0.01	0.009	0.004	0.007	0.007	0.005	0.006	0.006
cadmio	mg/L	0.000017	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008	0.00006	0.00008	0.00008	0.00004	0.00006	0.00006	0.00004	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00005
cromo	mg/L	0.05	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
cobalto	mg/L	0.05	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	0.0002	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
cobre	mg/L	0.002	0.009	0.009	0.009	0.009	0.007	0.009	0.009	0.004	0.007	0.006	0.004	0.006	0.005	0.004	0.005	0.004
hierro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.08	0.2	0.2	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
plomo	mg/L	0.001	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
manganeso	mg/L	0.1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.000007	0.00002	0.00001	0.000007	0.00001	0.00001	0.000008	0.000009	0.000009
molibdeno	mg/L	0.01	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0002	0.0006	0.01	0.004	0.005	0.01	0.007	0.001	0.005	0.002
níquel	mg/L	0.02	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
selenio	mg/L	0.001	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0003	0.0004	0.0003
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00005	0.00002	0.00004	0.00003	0.00002	0.00003	0.00003	0.00002	0.00002	0.00002
sodio	mg/L	-	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00008	0.0001	0.0001	0.00008	0.0001	0.00009	0.00008	0.0001	0.0001	0.00005	0.00008	0.00006
vanadio	mg/L	0.1	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0007	0.0009	0.0009	0.0004	0.0007	0.0006	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005
zinc	mg/L	0.03	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003	0.005	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004

^(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

^(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.

STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-10 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W10 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W10)	Años 0 - 4 ^(b)			Años 5 - 25 ^(b)			Años 26 - 31 ^(b)			Años 32 - 38 ^(b)			Años >39 ^(b)			
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	
General																			
sulfato	mg/L	250	3	3	3	3	3	3	3	3	5	4	4	5	4	3	4	3	
amonio	mg/L	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.007	0.01	0.009	0.007	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	
nitrato	mg/L	10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.07	0.09	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.08	0.1	0.09
STS	mg/L	-	5	5	5	5	5	8	5	8	20	10	10	20	10	10	10	10	
cloruro	mg/L	100	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
Metales Totales																			
aluminio	mg/L	0.005	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.001	0.0004	0.0004	0.001	0.0006	0.0002	0.0004	0.0003	
bario	mg/L	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	
boro	mg/L	0.5	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01	0.006	0.009	0.009	0.006	0.008	0.008	0.007	0.008	0.008	
cadmio	mg/L	0.000017	0.00009	0.00009	0.00009	0.00009	0.00008	0.00009	0.00009	0.00007	0.00008	0.00008	0.00007	0.00008	0.00008	0.00007	0.00008	0.00007	
cromo	mg/L	0.05	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	
cobalto	mg/L	0.05	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	
cobre	mg/L	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	
hierro	mg/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
plomo	mg/L	0.001	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	
manganeso	mg/L	0.1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	
molibdeno	mg/L	0.01	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.007	0.002	0.002	0.007	0.003	0.0005	0.002	0.001	
níquel	mg/L	0.02	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	
selenio	mg/L	0.001	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00003	0.00005	0.00004	0.00003	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	
sodio	mg/L	-	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00009	0.0001	0.0001	0.00009	0.0001	0.0001	0.00008	0.00009	0.00008	
vanadio	mg/L	0.1	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0009	0.0009	0.0006	0.0008	0.0008	0.0006	0.0008	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	
zinc	mg/L	0.03	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.

STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

4.3.2.3 Cuenca del Río Caimito

La Tabla 4-11 muestra los resultados de la calidad de agua superficial simulada para el lugar de evaluación W3, ubicado directamente aguas abajo del efluente de la IMR. Se calcularon los resultados de la calidad del agua simulada para el lugar de evaluación HW7, los cuales se presentan en la Tabla 4-12. La Tabla 4-13 presenta los resultados de la calidad del agua simulada para W13 (en donde el Río Caimito converge con otros tres Ríos: Rinconcito, Uvero y Hoja). La Tabla 4-14 presenta los resultados esperados para la calidad del agua superficial en el lugar de evaluación W20 (en el Río Caimito antes de drenar al mar Caribe).

Se prevé que la liberación del efluente desde la IMR origine el aumento de diversos parámetros por encima de los valores de línea base (Tablas 4-11 a 4-14). Se prevé que las concentraciones de arsénico, cobalto, níquel, nitrato, sulfato y zinc aumenten por encima de los valores de línea base en un orden de magnitud, pero que continúen por debajo de los criterios. Las concentraciones de aluminio, cadmio, cobre, hierro y molibdeno exceden los criterios de calidad para aguas receptoras en los lugares de evaluación de los Ríos Uvero y Caimito.

Se prevé que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobre, molibdeno y hierro sean mayores que la calidad de aguas receptoras en los Ríos Uvero y Caimito. Las concentraciones de aluminio y hierro de línea base observadas ya exceden los criterios para aguas receptoras en todos los lugares de evaluación a lo largo de los Ríos Uvero y Caimito y, por ello, no pueden atribuirse a los efluentes del Proyecto. El rango de concentraciones previstas para el cobre (que alcanza un valor máximo de 0.02 mg/L en W3) y el cadmio (que alcanza un valor máximo de 0.0003 mg/L en W3) en todos los lugares de evaluación es mayor que los criterios para aguas receptoras y las condiciones de línea base promedio. Las concentraciones máximas de molibdeno (0.02 mg/L) sólo durante las operaciones son mayores que el criterio para aguas receptoras en W3.

Las concentraciones de STS pueden alcanzar 30 mg/L en W3 y disminuyen más agua abajo a valores que alcanzan los 10 mg/L. Si bien estas concentraciones exceden los valores de línea base promedio observados, se encuentran dentro del rango actualmente observado.

Tabla 4-11 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W3 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W3)	Años 0 - 22 ^(b)			Años 23 - 24 ^(b)			Años 25 - 28 ^(b)			Años 29 - 30 ^(b)			Años >30 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General																		
sulfato	mg/L	250	1	0.2	20	20	7	30	20	7	30	30	7	30	20	1	30	6
amonio	mg/L	1	<0.01	0.002	0.06	0.04	0.01	0.1	0.04	0.05	0.2	0.2	0.05	0.2	0.2	0.005	0.2	0.03
nitrato	mg/L	10	0.09	0.02	0.7	0.6	0.2	0.9	0.6	0.4	1	1	0.4	1	1	0.2	1	0.3
STS	mg/L	-	5	4	30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	20	20	30	30
cloruro	mg/L	100	3	0.6	3	1	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.009	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
Metales Totales																		
aluminio	mg/L	0.005	0.2	0.04	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.06	0.3	0.1
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.00004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.00004	0.003	0.003	0.0009	0.002	0.002	0.0003	0.002	0.001	0.0003	0.0005	0.0004	0.0002	0.0004	0.0002
bario	mg/L	0.07	0.02	0.004	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.00004	0.0002	0.00008	0.00009	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	0.01	0.003	0.01	0.004	0.005	0.01	0.006	0.005	0.01	0.007	0.007	0.01	0.009	0.008	0.01	0.009
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	0.000008	0.0002	0.0001	0.00007	0.0002	0.0002	0.00008	0.0003	0.0002	0.00008	0.0003	0.0002	0.00003	0.0003	0.00007
cromo	mg/L	0.05	0.0003	0.00007	0.0005	0.0004	0.0004	0.0006	0.0006	0.0004	0.0007	0.0007	0.0004	0.0008	0.0007	0.0002	0.0008	0.0003
cobalto	mg/L	0.05	0.0003	0.00006	0.004	0.003	0.001	0.005	0.004	0.002	0.006	0.005	0.002	0.006	0.005	0.001	0.006	0.002
cobre	mg/L	0.002	0.003	0.0006	0.01	0.01	0.005	0.01	0.01	0.005	0.02	0.01	0.006	0.02	0.01	0.002	0.02	0.004
hierro	mg/L	0.3	0.4	0.07	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2
plomo	mg/L	0.001	0.0003	0.00006	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005	0.0004	0.0003	0.0006	0.0005	0.0003	0.0006	0.0005	0.0002	0.0006	0.0002
manganeso	mg/L	0.1	0.01	0.002	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.02
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.000004	0.00002	0.000006	0.000006	0.00001	0.000008	0.000006	0.00002	0.000008	0.000007	0.00002	0.00001	0.000008	0.00001	0.000009
molibdeno	mg/L	0.01	0.0004	0.00007	0.02	0.02	0.005	0.02	0.01	0.002	0.01	0.008	0.002	0.006	0.005	0.0004	0.005	0.001
níquel	mg/L	0.02	0.0003	0.00006	0.002	0.001	0.0006	0.002	0.002	0.0007	0.002	0.002	0.0007	0.002	0.002	0.0003	0.002	0.0006
selenio	mg/L	0.001	<0.0002	0.00004	0.0009	0.0008	0.0004	0.0009	0.0008	0.0003	0.0008	0.0007	0.0003	0.0007	0.0006	0.0002	0.0006	0.0002
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.00001	0.00009	0.00007	0.00006	0.0001	0.0001	0.00007	0.0001	0.0001	0.00007	0.0001	0.0001	0.00004	0.0001	0.00006
sodio	mg/L	-	4	0.8	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	0.00002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.00008	0.0001	0.00009
vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.0002	0.001	0.0005	0.0005	0.0009	0.0006	0.0006	0.001	0.0007	0.0008	0.001	0.0008	0.0005	0.0008	0.0006
zinc	mg/L	0.03	0.002	0.0004	0.02	0.01	0.006	0.02	0.02	0.006	0.02	0.02	0.007	0.03	0.02	0.002	0.02	0.006

^(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

^(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial. STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-12 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo HW7 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (HW7)	Años 0 - 22 ^(b)			Años 23 - 24 ^(b)			Años 25 - 28 ^(b)			Años 29 - 30 ^(b)			Años >30 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General																		
sulfato	mg/L	250	0.5	0.5	2	0.8	0.9	2	1	0.9	2	1	1	2	1	0.6	2	0.7
amonio	mg/L	1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
nitrato	mg/L	10	<0.03	0.03	0.06	0.04	0.04	0.06	0.05	0.04	0.09	0.06	0.05	0.1	0.06	0.03	0.09	0.04
STS	mg/L	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
cloruro	mg/L	100	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Metales Totales																		
aluminio	mg/L	0.005	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
bario	mg/L	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	0.00004	0.00005	0.00004	0.00004	0.00005	0.00004	0.00004	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004
cromo	mg/L	0.05	<0.0002	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
cobalto	mg/L	0.05	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
cobre	mg/L	0.002	0.002	0.0002	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005	0.0003	0.0003	0.0005	0.0004	0.0002	0.0005	0.0003
hierro	mg/L	0.3	0.4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002
plomo	mg/L	0.001	<0.0002	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
manganeso	mg/L	0.1	0.009	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.009	0.01	0.009	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01	0.009
molibdeno	mg/L	0.01	0.0004	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
níquel	mg/L	0.02	<0.0002	0.0004	0.001	0.0006	0.0006	0.001	0.0009	0.0005	0.001	0.0007	0.0005	0.0008	0.0006	0.0004	0.0007	0.0004
selenio	mg/L	0.001	0.0008	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0008	0.0007
sodio	mg/L	-	4	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
vanadio	mg/L	0.1	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
zinc	mg/L	0.03	0.001	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial. STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-13 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W13 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W13)	Años 0 - 22 ^(b)			Años 23 - 24 ^(b)			Años 25 - 28 ^(b)			Años 29 - 30 ^(b)			Años >30 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General																		
sulfato	mg/L	250	0.8	0.6	7	6	1	9	6	1	9	8	1	8	6	0.9	7	2
amonio	mg/L	1	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.08	0.06	0.02	0.07	0.05	0.02	0.05	0.02
nitrato	mg/L	10	0.07	0.06	0.3	0.2	0.08	0.3	0.2	0.09	0.4	0.3	0.09	0.4	0.3	0.09	0.3	0.1
STS	mg/L	-	10	10	20	20	10	20	20	10	20	20	10	20	20	20	20	20
cloruro	mg/L	100	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
Metales Totales																		
aluminio	mg/L	0.005	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.001	0.0009	0.0003	0.0008	0.0006	0.0002	0.0007	0.0004	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
bario	mg/L	0.07	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	<0.01	0.008	0.01	0.008	0.008	0.01	0.009	0.009	0.01	0.009	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	0.00003	0.00008	0.00007	0.00004	0.00009	0.00008	0.00004	0.0001	0.00009	0.00004	0.0001	0.00008	0.00004	0.00009	0.00005
cromo	mg/L	0.05	0.0004	2	7	6	3	6	5	3	6	5	3	4	4	3	4	3
cobalto	mg/L	0.05	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005	0.0003	0.0005	0.0004
cobre	mg/L	0.002	0.003	0.0003	0.001	0.001	0.0004	0.002	0.001	0.0005	0.002	0.002	0.0005	0.002	0.001	0.0005	0.002	0.0007
hierro	mg/L	0.3	0.4	0.002	0.005	0.004	0.003	0.006	0.005	0.003	0.006	0.006	0.003	0.006	0.005	0.002	0.005	0.003
plomo	mg/L	0.001	<0.0002	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
manganeso	mg/L	0.1	0.01	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
molibdeno	mg/L	0.01	0.0002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
níquel	mg/L	0.02	<0.0002	0.0002	0.006	0.005	0.0006	0.005	0.003	0.0003	0.004	0.002	0.0003	0.002	0.001	0.0002	0.001	0.0004
selenio	mg/L	0.001	0.0004	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.0003	0.0006	0.0005	0.0004	0.0006	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004
sodio	mg/L	-	4	0.00004	0.00006	0.00006	0.00005	0.00007	0.00006	0.00005	0.00007	0.00007	0.00005	0.00007	0.00007	0.00005	0.00007	0.00005
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.00008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
zinc	mg/L	0.03	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.

STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

Tabla 4-14 Calidad de Agua Simulada en el Lugar de Monitoreo W20 Para las Operaciones y el Cierre/Post-cierre

Parámetro	Unidades	Criterio Seleccionado Para el Agua Superficial ^(a)	Calidad de Agua de Línea Base (W20)	Años 0 – 22 ^(b)			Años 23 - 24 ^(b)			Años 25 - 28 ^(b)			Años 29 - 30 ^(b)			Años >30 ^(b)		
				Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
General																		
sulfato	mg/L	250	3	3	9	7	4	10	8	4	10	9	4	10	8	3	9	4
amonio	mg/L	1	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.08	0.06	0.02	0.06	0.05	0.02	0.05	0.02
nitrato	mg/L	10	0.04	0.03	0.2	0.2	0.05	0.3	0.2	0.06	0.4	0.3	0.06	0.3	0.2	0.07	0.2	0.09
STS	mg/L	-	6	6	10	10	6	10	10	6	10	10	6	10	9	9	10	10
cloruro	mg/L	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
fluoruro	mg/L	0.75	<0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
Metales Totales																		
aluminio	mg/L	0.005	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
antimonio	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
arsénico	mg/L	0.005	<0.0002	0.0002	0.001	0.0008	0.0002	0.0008	0.0006	0.0002	0.0006	0.0004	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
bario	mg/L	0.07	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
berilio	mg/L	0.1	<0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
boro	mg/L	0.5	0.01	0.008	0.01	0.009	0.008	0.01	0.009	0.009	0.01	0.009	0.009	0.01	0.01	0.009	0.01	0.01
cadmio	mg/L	0.000017	<0.00004	0.00003	0.00007	0.00007	0.00004	0.00009	0.00007	0.00004	0.0001	0.00009	0.00004	0.00009	0.00007	0.00004	0.00008	0.00005
cromo	mg/L	0.05	0.0003	2	6	5	3	5	5	2	5	4	2	4	3	2	4	3
cobalto	mg/L	0.05	0.0006	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003
cobre	mg/L	0.002	0.003	0.0005	0.001	0.001	0.0006	0.002	0.001	0.0006	0.002	0.002	0.0006	0.002	0.001	0.0006	0.002	0.0008
hierro	mg/L	0.3	0.6	0.003	0.005	0.005	0.003	0.006	0.005	0.003	0.006	0.006	0.003	0.006	0.005	0.003	0.006	0.003
plomo	mg/L	0.001	<0.0002	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
manganeso	mg/L	0.1	0.04	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
mercurio	mg/L	0.0001	<0.00002	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03
molibdeno	mg/L	0.01	0.0002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
níquel	mg/L	0.02	0.0002	0.0001	0.005	0.004	0.0005	0.004	0.003	0.0003	0.004	0.002	0.0003	0.001	0.001	0.0002	0.001	0.0004
selenio	mg/L	0.001	<0.0002	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03
plata	mg/L	0.0001	<0.00005	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
sodio	mg/L	-	10	0.00004	0.00006	0.00006	0.00005	0.00007	0.00006	0.00005	0.00007	0.00007	0.00005	0.00007	0.00006	0.00005	0.00007	0.00005
uranio	mg/L	0.01	<0.0001	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
vanadio	mg/L	0.1	0.001	0.00008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
zinc	mg/L	0.03	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

(a) Ver Tabla 2-5 para conocer los detalles sobre la selección del criterio del efluente.

(b) Ver Tabla 2-3 para conocer los detalles sobre los periodos de tiempo utilizados.

Notas: Los valores en negrita exceden los valores para la calidad del agua de línea base promedio. Los valores subrayados y en cursiva exceden los criterios seleccionados para el agua superficial.

STS = sólidos totales suspendidos; mg/L = miligramos por litro.

4.4 RESULTADOS DE LA CALIDAD DE AGUA Y EFLUENTE SUPERFICIAL MARINO

Se realizaron pronósticos de las concentraciones de metales para los puntos de salida del difusor (es decir, el efluente) y en los lugares de evaluación cerca del campo (a 26 m del difusor) y lejos del campo (a 500 m del difusor). Estos resultados se presentan en la Tabla 4-15.

Las concentraciones promedio de cadmio y plomo en el campo cercano de la pluma de dispersión térmica exceden los criterios de calidad para aguas receptoras marinas (Tabla 2-5). Sin embargo, estos cálculos se basaron en supuestos muy conservadores (es decir, que todos los metales en el carbón se disolverán en el agua de enfriamiento), ya que la solubilidad de estos metales no había sido considerada. Se espera que las concentraciones reales sean mucho menores.

Tabla 4-15 Concentraciones Promedio de Agua Marina Simulada del Difusor de Agua de Enfriamiento Durante las Operaciones

Metal	Concentraciones de Línea Base Promedio [mg/L]	Criterios Para Aguas Receptoras Marinas [mg/L]	Concentraciones Previstas [mg/L]		
			Difusor	Cerca del Campo (26 m)	Lejos del Campo (500 m)
arsénico	0.009	0.01	0.0006	0.008	0.009
cadmio	< 0.0002	0.00012	0.001	0.0003	< 0.0002
cromo	0.001	0.05	0.01	0.002	0.002
plomo	< 0.001	0.001	0.009	0.002	< 0.001
mercurio	< 0.00002	0.0002	0.00002	< 0.00002	< 0.00002
selenio	< 0.0001	0.01	0.00002	< 0.0001	< 0.0001
vanadio	0.002	—	0.04	0.006	0.004

Nota: Los valores en negrilla exceden los valores para la calidad de agua de línea base promedio.

5 SUPUESTOS Y LIMITACIONES DEL MODELO

El modelo de la calidad del agua requiere varios supuestos debido a la incertidumbre asociada con la determinación de las características físicas y geoquímicas de un sistema complejo.

La predicción de la calidad del agua se basa en diversos aportes (caudales superficiales, flujo de agua subterránea, filtraciones, calidad de agua de línea base y caracterización geoquímica), los cuales poseen una variabilidad inherente. El modelo ha intentado incorporar el proceso natural y la meteorización mineral de los materiales mineros, combinándolos con flujos para desarrollar pronósticos de la calidad de agua para una mina que aún no ha sido desarrollada. Dadas todas las incertidumbres inherentes, los resultados del modelo de la calidad de agua deben ser utilizados como una herramienta para ayudar a diseñar programas de monitoreo, planificar el minado y el cierre, desarrollar estrategias de mitigación y describir los posibles impactos en lugar de proporcionar concentraciones absolutas.

Los pronósticos también dependen del éxito de las mitigaciones efectivas propuestas, la secuencia de minado, el control de la erosión, el tratamiento y la efectividad de las coberturas en los DARE y las IMR para limitar el DAR y la lixiviación de metales.

En el modelo de calidad de agua se establecieron los siguientes supuestos claves:

- Existe una mezcla compleja de masas en las calidades de agua simuladas en el área y en los lugares de monitoreo.
- No existe eliminación de metales/metaloideos de la columna de agua del río mediante precipitación o absorción y sedimentación.
- Para los fines del modelo, se ha asumido que los parámetros medidos para la calidad del agua que fueron menores que el son iguales al límite de detección.
- Los estimados con respecto a la calidad del agua esperada a largo plazo se basan necesariamente en datos de laboratorio ya que actualmente no existen datos del área sobre los materiales del minado (es decir, roca estéril, relaves, mineral de baja ley, etc.). Este tema se puede abordar a través de programas de monitoreo in situ de los materiales de minado esperados y mediante la reevaluación periódica de los pronósticos.
- Se han tomado las precauciones necesarias para incorporar procesos conocidos tal como se entendieron durante el desarrollo del modelo. Sin embargo, en sistemas naturales y sistemas complejos hechos por el hombre, es casi seguro que las condiciones observadas variarán con respecto a las condiciones estimadas.

Actualmente se considera que los datos y el enfoque utilizados para calcular la calidad del agua futura brindan una aproximación razonable del sistema tal como se entiende actualmente, dentro del contexto de los supuestos utilizados en el modelo. Los cambios en las condiciones del área del Proyecto, los datos de entrada o supuestos con respecto a las condiciones del área del Proyecto necesariamente originarán cambios en los pronósticos sobre la calidad del agua.

Finalmente, incluso los mejores modelos no pueden compararse con los datos del monitoreo operativo. Una vez que el Proyecto esté operativo, será necesario monitorear la calidad del agua y reevaluar en forma periódica los pronósticos de los impactos y/o las medidas correctivas.

6 CONCLUSIONES

Se efectuaron pronósticos sobre la calidad del agua para el efluente y las filtraciones de la mina, el efluente del puerto y ambiente receptores del agua superficial y el agua marina superficial. Estos modelos se basaron en lo que actualmente se conoce del Proyecto, el balance de agua de AMEC (2009), los resultados de la evaluación geoquímica (Sección 6.1.3 de la EsIA), la línea base de la calidad del agua (Sección 6.6.1 de la EsIA) y las evaluaciones del impacto en la hidrología e hidrogeología (Secciones 9.1.4 y 9.1.5 de la EsIA), respectivamente.

6.1 CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DE LA MINA

El agua se descargará de la mina como efluente superficial y como filtración base desde la presa de la IMR.

La roca estéril generadora de drenaje ácido, el mineral de baja ley y los relaves serán almacenados en superficie durante el minado de los tajos abiertos de Colina, Valle Grande y Botija. Los cálculos de agotamiento efectuados a las muestras de roca estéril (Sección 6.1.3 de la EsIA) indican que no se espera que las muestras generadoras de ácido generen drenaje de ácido de roca (DAR) hasta después del cierre. La roca estéril se cubrirá con una barrera que limite el oxígeno y el agua antes que el minado termine y tampoco se espera que se vuelva generadora de ácido durante el cierre/post-cierre.

Los únicos materiales que se espera que se vuelvan generadores de ácido son la pila de baja ley y el agua del circuito de filtrado de Punta Rincón. Se espera que el mineral de baja ley sea procesado y retirado del área antes que termine el minado y el drenaje de ácido sólo se considera un tema operacional. Además, durante el cierre/post-cierre no se producirá agua del circuito de filtrado.

El Proyecto se ha comprometido a que todas las fuentes de agua del efluente cumplan con los criterios seleccionados para el efluente (Tabla 2-4). Por lo tanto, el agua de estas fuentes durante las operaciones será tratada, de ser necesario antes que llegue al IMR o que sea liberada al medio ambiente, para cumplir con los criterios seleccionados para el efluente. En las Tablas 4-1, 4-2 y 4-3, respectivamente, se presentan las concentraciones previstas para el efluente en los Ríos Botija, Petaquilla y Caimito.

También ocurrirán pérdidas de agua en el área en forma de filtración base y desde la presa de la IMR. Mientras esté estanque de recolección de la IMR aún esté operativa (por ejemplo, VDM < 22 años), la filtración de la presa de relaves será recogida y recirculada a la IMR. La filtración base de la IMR será continua durante las fase de

operaciones y cierre/post-cierre y será similar al agua en el estanque de recolección de la IMR. En la Tabla 4-4 se presenta la calidad del agua prevista para la filtración de la IMR.

6.2 CALIDAD DEL AGUA DEL EFLUENTE DEL PUERTO

Durante las operaciones en el puerto, el agua de enfriamiento se descargará al ambiente marino desde el efluente de la planta de generación de energía térmica a través de un sistema difusor. Es posible que las descargas del agua del efluente de la planta de generación de energía térmica afecten las aguas marinas superficiales introduciendo metales traza. Se determinaron impactos en la calidad del agua en dos lugares, de acuerdo a la definición de la evaluación del impacto en la oceanografía física (Sección 9.1.6). Los lugares de evaluación cerca del campo se encuentra dentro de 26 m del difusor y los lugares de evaluación lejos del campo se ubican dentro de 500 m del difusor.

Se realizaron pronósticos de la calidad del agua en cuanto al arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y vanadio como resultado de la descarga del agua de enfriamiento del puerto. El análisis del carbón proporcionado se limitó a estos materiales, y por ello, sólo se evaluaron los metales. Se asumió que los metales de traza contenidos en el carbón utilizado en la planta de generación de energía se disolverán en el agua de enfriamiento y se descargarán en el ambiente marino.

Los resultados del efluente del difusor de agua de enfriamiento se muestran en la Tabla 4-15.

6.3 CALIDAD DEL AGUA EN EL MEDIO AMBIENTE RECEPTOR – MINA

El efluente superficial y la filtración de la mina se descargarán en las cuencas de los Ríos Botija, Petaquilla y Caimito. Se desarrolló un modelo del balance de masas para predecir los impactos en la calidad del agua aguas abajo durante las operaciones y el cierre/post-cierre durante diversos periodos de tiempo (Tabla 3-2) en cada cuenca. Estos periodos corresponden al cambio en el plan de manejo del agua en el área que podrían afectar la cantidad y la calidad del efluente. Los aportes al modelo del balance de masas incluyen la calidad del efluente en el área, la filtración de la IMR y la calidad del agua de línea base en diversos locales de evaluación en el ambiente receptor (Tabla 2-2). En cada lugar de evaluación, la calidad del agua asignada o calculada para cada componente de flujo se mezcló de manera conservadora en proporción relativa, de acuerdo a los flujos previstos para condiciones hidrológicas específicas. Las calidades del agua aguas abajo previstas fueron evaluadas en los lugares de

evaluación teniendo en cuenta las concentraciones de línea base promedio y los criterios de calidad seleccionados para aguas receptoras (Tabla 2-4).

Durante la construcción, el aumento de la erosión debido a los trabajos de terreno y a la preparación del área podría originar un aumento de los STS y de la turbidez en los arroyos receptores. Durante esta fase no se espera que se libere agua que ha estado en contacto con materiales de desechos mineros. Como tal, sólo se consideraron los STS del efluente de la mina durante la construcción. Se asumió que las concentraciones del efluente de los STS serán 35 mg/L y se predijeron impactos para 4 lugares aguas abajo: W2, W3, W20 y W5. Si bien los rangos de concentración de STS previstos (10 a 20 mg/L) son mayores que las condiciones de línea base promedio en estos lugares de evaluación, estos se encuentran dentro de los rangos de concentración de línea base observados.

Durante las operaciones y el cierre/post-cierre, se han previsto los siguientes impactos en la calidad del agua:

Cuenca Caimito

Se prevé que los más grandes posibles impactos del Proyecto en la calidad del agua y los sedimentos ocurrirán en la cuenca Caimito en el lugar de evaluación W3 (Río Uvero), que es el lugar de evaluación aguas abajo más cercano a la IMR. A continuación se resumen los resultados de los pronósticos en este lugar de evaluación:

- Se prevé que las concentraciones estimadas de sulfato, nitrato, arsénico, cobalto, níquel y zinc aumente por encima de los valores de línea base en un orden de magnitud, pero que sigan por debajo de los criterios.
- Se estima que las concentraciones de aluminio, cadmio, cobre, hierro y molibdeno excederán los criterios de calidad para aguas receptoras.
- Las concentraciones de línea base de aluminio y hierro observadas ya son mayores que los criterios para aguas receptoras en todos los lugares de evaluación y por ello no se pueden atribuir a los impactos del Proyecto.
- Las concentraciones de STS pueden alcanzar 30 mg/L en W3 y disminuir más aguas abajo hasta llegar a valores que alcancen los 10 mg/L. Si bien estas concentraciones exceden los valores de línea base promedio observados, se encuentran dentro del rango actualmente observado.
- Las concentraciones de cianuro se manejarán en la IMR para cumplir con el criterio para aguas receptoras antes de la liberación en el Río Uvero.

Si bien se prevé que las concentraciones estimadas disminuyan aguas abajo del W3 como resultado del aumento de la mezcla de las cuencas hidrográficas de aporte, aún

así se espera que los valores del cadmio, cobre y molibdeno sobrepasen los criterios para aguas receptoras en otros lugares de evaluación (W13, HW7 y W20).

Cuenca Botija

Los impactos en la calidad del agua son comparativamente menores en el Río Botija como resultado de las descargas del Proyecto y se resumen de la siguiente manera:

- Si bien la mayoría de concentraciones previstas en el Río Botija fueron similares a las concentraciones de línea base, se predijo que las concentraciones de nitrato, arsénico y molibdeno aumenten en un orden de magnitud por encima de las concentraciones de línea base.
- Se predijo que las concentraciones estimadas de aluminio, cadmio, cloruro, cobre, hierro, cloruro y molibdeno excederán los criterios para aguas receptoras en los Ríos Botija y Coclé del Norte.
- De estos parámetros mayores que los criterios, se predijo que sólo las concentraciones de molibdeno aumentarán como resultado de los efluentes del Proyecto, ya que los parámetros restantes poseían concentraciones de línea base elevadas, en comparación con los criterios, o se basaron en valores de límite de detección (es decir, cadmio).
- Las concentraciones de línea base de los STS exceden los valores de línea base (10 mg/L) en W5 y W7 durante las operaciones con concentraciones que fluctúan entre los 10 mg/L y 30 mg/L previstos. Estas concentraciones se encuentran dentro del rango de concentraciones de línea base observadas.
- En la cuenca Botija, no se espera otras concentraciones de parámetros sobrepasen los criterios de calidad para aguas receptoras como resultado del Proyecto.

Cuenca Petaquilla

También se prevé que las liberaciones del Proyecto en el Río Petaquilla originen aumentos de concentraciones previstos por encima de los valores de línea base para algunos parámetros, observado los mayores aumentos en el nitrato, arsénico y molibdeno. Sin embargo, no se prevé que las concentraciones de metales en el Río Petaquilla sobrepasen los criterios de calidad para aguas receptoras como resultado del Proyecto.

Aunque se manejarán las liberaciones controladas de agua para limitar los STS a 35 mg/L durante las operaciones, podría haber aumentos de STS por encima de las condiciones de línea base promedio existentes en el Río Petaquilla. Sin embargo, los rangos previstos (10 a 20 mg/L en W2 y 5 a 20 mg/L en W10) se encuentran dentro de los rangos de concentración de línea base observados.

6.4 CALIDAD DE AGUA EN EL AMBIENTE RECEPTOR – PUERTO

Las descargas de agua de enfriamiento desde el difusor podrían contener metales disueltos después de la quema del carbón. Supuestos muy conservadores han originado concentraciones de cadmio y plomo cerca del campo del difusor, que son solo ligeramente mayores que los criterios seleccionados para el agua marina superficial.

7 BIBLIOGRAFÍA

AMEC (AMEC Earth & Environmental). 2009. Mina de Cobre Project 2009 FEED Preliminary Tailings Facility Water Balance. Updated Assumptions for Base Case Scenario (Revised 06 November 2009).

AMEC. 2010. Mina de Cobre Project 2009 FEED Preliminary Tailings Facility Water Balance. Updated Assumptions for Base Case Scenario (Revised 18 January 2010).

Anteproyecto de Ley "Por la cual se dicta las Normas de Calidad Ambiental para Aguas Naturales" Estándares de Calidad de Agua (Draft Regulation to dictate "Water Quality Guidelines for Water Bodies").

CCME (Canadian Council Canadian Council of Environmental Ministers). 2006. Canadian Environmental Quality Guidelines.

Inmet Mining Corporation. 2009. Petaquilla Target Case. Email from Frank Balint to Ian Pirie 4/5/2009.

International Finance Corporation. 2007. Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining. December 10, 2007.

International Finance Corporation. 2007. Environmental, Health and Safety (EHS) Guidelines. General EHS Guidelines. April 30, 2007.

Mann, P. 1995. Preface: Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern South America; Geological Society of America, Special Paper 295, p. xi-xxxii.

Minera Petaquilla, S.A. 2008. Petaquilla Project Environmental Impact Assessment Project Description. September 3, 2008.

Ministerio de Comercio E Industrias. Despacho Superior Dirección General de Normas y Tecnología Industrial (1999). Resolución N°597. Reglamento 23-395. Agua Potable. Definiciones y Requisitos Generales. November 12, 1999.

Resolución No. 351 del 26 de Julio del 2000- Aprueba el Reglamento Técnico DGNIT-COPANIT 35-2000: Descarga de Efluentes Líquidos

directamente a Cuerpos y Masas de Agua Superficiales y Subterráneas.

Speidel, F., S. Faure, M. Smith and G. McArthur. 2001. Exploration and Discovery at the Petaquilla Copper-Gold Concession, Panama. Special Publication #8: Society of Economic Geologists.

Simovic, L., W.J. Snodgrass, K.L. Murphy and J.W. Schmidt. Development of a model to Describe the Natural Degradation of Cyanide in Gold Mill Effluents. Conference on Cyanide and the Environment, Tucson, AZ, December, 1984.